N° 425 1941 Mars—April

GEOLOGISKA FÖRENINGENS
I
STOCKHOLM
FÖRHANDLINGAR

BAND 63

HÄFTE 2.

Innehåll:

Sid.

Uppsatser: Kulling, O., Om södra lapplandsfjällens bergbyggnad 101

Mason, B., Minerals of the Varuträsk pegmatite. XXIII. Some iron-manganese phosphate minerals and their alteration products, with special reference to material from Varuträsk 117

Quensel, P., Minerals of the Varuträsk pegmatite. XXIV. A new find of manganotantalite 176

Zenzén, N., C. Oskar Norelius in memoriam 180

Notis: Assarsson, G., Vanadinhalten i svenska oljeskiffrar och vanadinets förekomstsätt 182

Anmälanden och kritiker: Schaffer, Fr. X., Lehrbuch der geologi. Ref. av H. Backlund 183

Faddegon, J. M. Geologische en petrologische onderzoekingen in het Rivovardogebied en omgeving. Autoref. jämte anmälan av P. Quensel 184

Schneiderhöhn, H., Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Erster Band. Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. Ref. av P. Geijer . . . 189

Mötet den 6 mars 1941. Revisionsberättelse. N. Sundius: Oljeskiffrar och skifferoljeindustri 191

Extra möte den 24 mars 1941. H. Cloos: Struktur und Funktion der Tuffschloten 192

Mötet den 3 april 1941. R. Norin: Tillämpning av termisk analys på leror och vattenhaltiga mineral. E. Grip: Något om strömskvartsitskållan och dess tektonik 192

Geolognytt 194

Författarna äro ensamma ansvariga för sina uppsatsers innehåll.

STOCKHOLM 1941
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER
410060

Pris för detta häfte Kr. 5: —

EN GOD BILD

kompletterar texten och ger ökad åskådlighet åt innehållet.

Av stor vikt är därför att Edert bildmaterial gives det reproduktionsförfarande som är lämpligast.

Vi som ha mångårig erfarenhet och specialiserat oss på vetenskapliga arbeten kunna därför ge Eder det bästa rådet.

A.-B. KARTOGRAFISKA INSTITUTET
ESSELTE A.-B.

VASAGATAN 16
STOCKHOLM

Telefon: Namnanrop: »Centraltryckeriet»

Leitz

Optiska Instrument för mineralogi och petrografi.

Leica-Kameran — Projektionsapparater.

Paulins höjdmätare.

Generalagent för Leitz optiska instrument

AXEL LUNDQVIST A.-B.

DROTTNINGGATAN 28 - STOCKHOLM

Obs! ändrad adress. Tel.: 10 87 30 — 21 01 81

GEOLOGISKA FÖRENINGENS
I STOCKHOLM
FÖRHANDLINGAR.
BAND 63. HÄFT. 2. N:o 425.

Om södra Lapplandsfjällens bergbyggnad.

Av

OSKAR KULLING.

(Föredrag hållet inför Geologiska Föreningen den 6 februari 1941.)

I MAGNUSSON—GRANLUNDS lärobok »Sveriges geologi», som utkom för något över fyra år sedan, har statsgeologen MAGNUSSON lämnat en relativt fyllig redogörelse för den skandinaviska fjällkedjans byggnad. Den refererande framställningen grundar sig i ganska stor utsträckning på de erfarenheter, som gjorts under de tvenne sista årtiondenas kartläggning inom Västerbottensfjällen. Och en karta över detta fjällområde åtföljer framställningen.

Enligt den nämnda berggrundskartan över Västerbottens fjälltrakter uppbygges större delen av områdets östra hälft av »Fjällrandbildningar», vilka uppdelas i en högmetamorf västlig facies och i en östlig icke metamorf eller lågmetamorf facies. Mellan urberget i öster och fjällrandbildningarna löper en zon av kambrosilur.

Inom kartans västra hälft urskiljas köliutbildade (lågmetamorfa) och seveutbildade (högmetamorfa) kambrosiluravlagringar, olivinstenar, fjällgrönstenar och fjällgraniter, alltså kambrosilursediment med inneslutna eruptiv.

Å kartan gruppera sig kambrosilurens och fjällrandbildningarnas högmetamorfa delar i rätt stor utsträckning kring fjälleruptiven, vilkas roll i MAGNUSSON—GRANLUNDS bok karakteriseras med följande ord: »Graniterna och syeniterna, och framförallt de förra, vilka äro de dominerande, hava tillsammans med veckningsprocessen varit huvudaktörer vid den omkristallisation, som i stor utsträckning förändrat fjällkedjans sediment till kristallina skiffrar. Även de i fjällens sevebergarter i riklig mängd uppträdande amfiboliterna hava dock spelat en stor roll.»

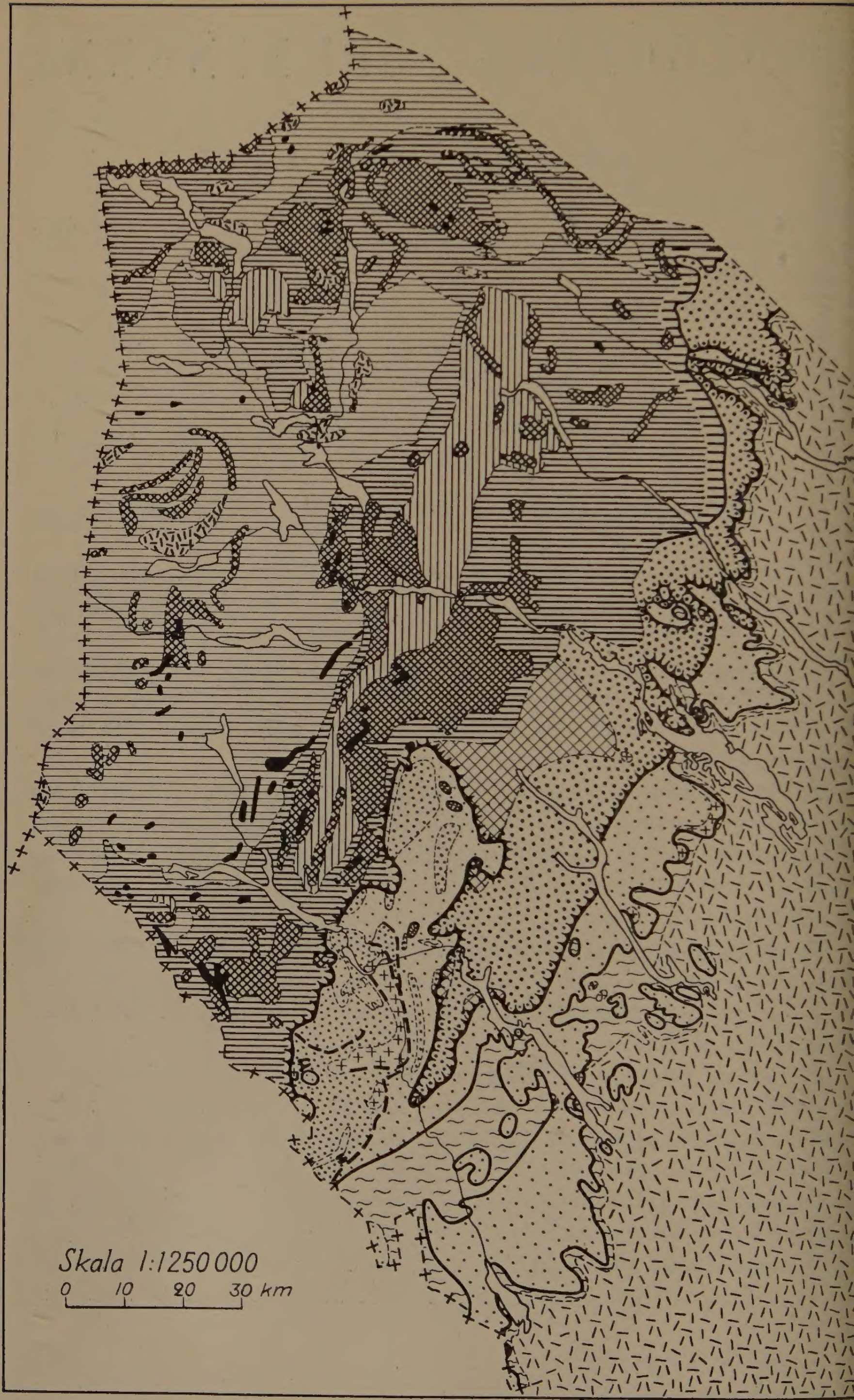

Fig. 1. Schematisk karta över Västerbottens fjälltrakter.

╱╲ Urberg öster om fjällranden.

∼ Kambrosilur av östlig facies samt underliggande Laisbergskvartsit.

∴ Strömskvartsitserien.

░ Sparagmitserien inom Blaikskållan.

▒ Sparagmitserien inom Stalonskållan.

▩ Grönstensskiffrar (urberg) inom Stalonskållan.

+ Urbergsgraniter inom skållorna.

⁂ Fjällgraniter.

▬ Olivinstenar.

▓ Fjällgrönstenar.

☰ Glimmerskiffrar och glimmergnejser.

▥ Granitgenomdränkta glimmerskiffrar och glimmergnejser.

▤ Lågmetamorfa fjällsediment.

∽ Blaikskållans överskjutningsgränser.

╱ Förskjutningsgränser inom Blaikskållan.

⋏ Seveskållans (inkl. Stalonskållans) överskjutningsgränser.

⫤ Överskjutningsgräns mellan glimmerskifferskålla och Stalonskållan.

Samma år, som Magnussons översiktskarta såg dagen, utförde jag en kartläggning inom östra tredjedelen av kartområdet, den del av detsamma, som jag benämner Fjällrandområdet. Den erhållna kartbilden har kompletterats vid senare besök i området. Vid Geologiska föreningens mars-sammanträde förra året lämnade jag en översikt över Fjällrandens berggrund, varvid den nya kartbilden demonstrerades.

De egentliga Västerbottensfjällen västerut ha inom vissa begränsade partier undergått förnyad geologisk granskning under de sista åren. Den karta, som här visas över Västerbottens fjälltrakter, fig. 1, är en tämligen schematisk översiktskarta. Inom fjällrandens område återfinnes i stort den kartbild, som demonstrerades vid mitt föredrag förra året, och som utgör resultatet av de sista årens kartläggning. Några korrigeringar vad beträffar gränsen mellan kvartsiterna i öster, strömskvartsiterna i Blaikskållans östra delar, och kambrosiluren ha företagits, dels inom själva östra gränszonen mot urberget och dels i trakten av Långsele. Bidrag till dessa kompletteringar ha lämnats av Boliden-geologerna E. Grip och T. Du Rietz.

Vad egentliga Västerbottensfjällen beträffar föreligger utom Quensel—Backlunds fjällkarta av 1929 ett korrektur av Geologiska undersökningens berggrundskarta över Västerbottens län. Å denna karta, som redigerats av framlidne statsgeologen A. HÖGBOM, ha de senare årens fältresultat tillgodogjorts. Ytterligare kan nämnas en geologisk karta över Rivovardotrakten i holländaren J. M. FADDEGONS avhandling över nämnda fjälltrakt. Dessa kartor ha kommit till användning vid ritandet av översiktskartan.

Jämföra vi nu den nya kartan över Västerbottens fjälltrakter med densamma i MAGNUSSONS framställning i »Sveriges geologi», så faller genast vissa olikheter i ögonen. Det gäller särskilt Fjällrandens område. Huvudparten av områdets berggrund har å den nya kartan hänförts till stora överskjutningsskållor. I söder och öster utbreder sig Blaikskållan, som blivit ganska sönderskuren. I de från skållan frilagda områdena titta kambrosilurbildningar fram.

Inom kambrosiluren finnas dels autoktona enheter, dels alloktona. Å översiktskartan ha de ej kunnat närmare särskiljas. Under den fossilförande kambrosiluren ligger en kvartsitserie, den s. k. Laisbergskvartsiten, som jag givit namn efter Laisberget inom södra delen av Norrbottensfjällranden, där den är väl blottad. Kvartsitserien har kunnat följas från länsgräsen i norr till trakten av Vojmsjön, där den synes kila ut.

Inom Blaikskållan särskiljas å kartan följande enheter: Urberg, sparagmitserie, strömskvartsitserie samt ett litet område kambrosilur. Den tillitserie, som på flera ställen påträffats på gränsen mellan sparagmitserien och strömskvartsitserien, har på grund av ringa horisontell utbredning ej kunnat komma med å kartan.

De kataklastiska urbergsgraniterna av revsundstyp, som å kartan ha införlivats med Blaikskållan som dennas basala parti, ha i undersökta fall tydliga överskjutningskontakter mot underliggande kambrosilur. Mot ovanliggande kvartsitserie ha inga kontakter kunnat undersökas. Graniterna äro dock så kraftigt kataklasomvandlade genom hela sin massa, att man får utgå ifrån, att även deras hängande kontakter blivit kraftigt destruerade. Möjligheten att betrakta graniterna som särskilda skållenheter är därför ej utesluten.

Inom sydvästra delen av den blottade Blaikskållan ha en del förskjutningsgränser samt smärre överskjutningsgränser inritats å kartan. Vid dessa förskjutningar ha särskilt urbergsgraniterna kommit i dagen. Detta urberg betraktas alltså även här i sydväst som bildande understa delen av skållan.

Sparagmitserien ovan urberget innehåller utom de dominerande fältspatrika sandstenarna tvenne kvartsitavdelningar, den ena i mellersta delen och den andra i undre delen. De bäst bevarade sparagmiterna ar ofta rödvioletta färger. Hos de mera omvandlade typerna har enna vanligen ersatts av en gröngrå till grå färg. Något särskiljande v en övre röd och en undre grå sparagmitavdelning kan därför j ske.

Strömskvartsitserien innehåller en fossilförande kalksandstenshorisont med fossil av samma byggnad, som tidigare funnits vid Sörsjön Jämtland av G. Frödin samt avbildats och beskrivits av S. Rosén 919 i Uppsalabulletinen. Fossilet, som ansetts vara en protozo, utmärker sig genom en klöverbladsliknande form. Den fossilförande orisonten har både i hängandet och liggandet strömskvartsiter av etydande mäktighet. Strömskvartsitseriens stratigrafi kan i övrigt ägas vara något monoton med ett antal avdelningar av vitgråa och gråa sandstenar med mellanlagrande sandiga skiffrar och lerskiffrar v röd och grön—grå färg. Grova, fältspatrika sandstenar finnas i eriens undre del. Blågråa, så gott som fältspatfria kvartsiter höra emma längre upp i serien.

Strömskvartsitseriens växlande led finnas särskilt väl blottade och ätt tillgängliga sydöst om Risbäck, i Arksjöberget, där Blaikskållan åter tar vid efter att över ett brett område österut varit bortdenuderad.

Inom Blaikskållan finnas på några platser inveckade svarta skiffrar, om antagits höra hemma inom kambrosiluren, ehuru några fossil ej påträffats. Endast det största av dessa skifferområden har kommit med å kartan.

Stalonskållan ligger ovan Blaikskållan samt uppfattas som n randskålla till den stora seveskållan. Stalonskållans inre, västra gräns går inom kartområdets norra del vid överskjutningskontakten mellan sparagmiterna och glimmerskiffrarna väster om dem. Söderut har gränsen på grund av bristande undersökningar ej kunnat dragas. Som kartan visar, finnes inom Stalonskållans södra del, inom dess andzon mot underlaget, grönstensskiffrar, som hänförts till urberget. rönstensskiffrarna äro i regeln kraftigt kataklasomvandlade. I bättre evarade partier ha en del typer av basiska eruptivbergarter kunnat rskiljas, som till sammansättning rätt väl överensstämma med bollar v basiska eruptiv inom Stalonskållans grova konglomerat.

Vid sidan av den markerat högre metamorfosen inom Stalonskållan n inom underliggande Blaikskållan äro förekomsterna av grönstensskiffrar inom både östra och västra randzonerna av skållan, som undre ed i skållan alltså, värdefulla bevis för Stalonskållans karaktär av överskjutningsskålla. Av Stalonskållans olika bergartsled ha endast sparagmitserien och grönstensskiffrarna samt några små partier av granityeniturberg särskilts å kartan. Inom sparagmitserien finnes betydande stråk av de grova, nyss nämnda konglomeraten, som föra uteslutande urbergsmaterial. Skållans antagligen yngsta avdelning, tilliterna, som endast förekomma som lokala block inom ett begränsat område, fullständiga förteckningen över skållans mera prominenta bergartsled.

Efter dessa anmärkningar rörande fjällrandens område, som utgöra ett komplement till mitt tidigare meddelande därom (G. F. F. Bd 62. sid. 199—204), övergår jag till de lågmetamorfa sedimenten, till kölibildningarna väster om den högkristallina sevezonen. I MAGNUSSONS ovannämnda redogörelse benämndes de kambrosilur i köliutbildning samt indelades i trenne stratigrafiska avdelningar. De tvenne översta överensstämma väl med de siluriska och presiluriska avdelningar, som jag tidigare urskilt inom Västerbottensfjällens centrala delar. Den understa avdelningens sammansättning karakteriserar MAGNUSSON med följande ord: »En understa avdelning av mera monoton karaktär, som brukar räknas som kambrisk men möjligen helt eller delvis kan höra till de senalgonkiska sedimenten.» Någon bergartssammansättning å denna undre avdelning finnes sedan ej omnämnd. Jag förmodar emellertid, att det syftas på de svarta skiffrar och fyllitbergarter, som omnämnts av A. HÖGBOM från Västerbottensfjällens sydvästra delar, där dessa sediment bilda den undre delen av HÖGBOMS köliserie. Nu är förhållandet det, att kölisedimentens undre avdelningar hittintills varit mindre väl kända. I det följande kommer jag att lämna en del bidrag till klarläggandet av dessa undre avdelningars sammansättning. Men innan jag gör det, komma köliskiffrarnas stratigrafi inom centrala delarna av Västerbottensfjällen att med några ord beröras i anslutning till tabellen över Björkvattnet—Virisen-områdets lagerföljd, se sid. 108, där den siluriska lagerföljden motsvarar den övre avdelningen samt den ordoviciska Gilliksserien ungefär den mellersta avdelningen i den av MAGNUSSON refererade stratigrafien. Den siluriska avdelningen har tvenne med fossil daterade horisonter, nämligen Brokenseriens graptolitskiffernivå av rastritesålder och Slätdalsseriens korallrika kalkstenar av dalmanitesålder. Den siluriska lagerföljden inledes med ett transgressionskonglomerat, Vojtjakonglomeratet, som är följbart över stora delar av Västerbottensfjällen samt går även vidare mot norr och söder.

Inom den övre delen av den ordoviciska lagerföljden uppträda polymikta konglomerat och fältspatrika sandstenar av karakteristiska utbildningsformer. Dessa sediment av gillikstyp ge antydan om att de tillkommit under en rätt markerad nedbrytningstid inom det kaledoniska geosynklinalområdet. Inom Gilliksserien förekomma även spridda smala nivåer av effusiva grönstenar, som utgöra de senare yttringarna av den vulkanism, som den underliggande vulkanbergartsrika Mesketserien ger vackra bevis på. I tabellens understa del noteras vidare det egendomliga olivinstenskonglomeratet samt olivinsten, som med all reservation har införts i den stratigrafiska tabellen. Olivinstenen betraktas ju i vanliga fall som en typisk intrusivbergart.

Sedan jag 1933 uppställt den här refererade stratigrafien, ha försök gjorts att finna igen den inom andra delar av Lapplandsfjällen samt att bygga den vidare mot liggandet. Jag skall redogöra för några undersökningar med nämnda syfte från trakten av Ikisjaure inom södra Norrbottensfjällen, vidare från trakten av Älsvattnen inom Västerbottensfjällens nordligaste del samt slutligen från samma fjällområdes sydvästligaste del, från trakten nordväst om Kultsjön.

Å Quensel—Backlunds Västerbottensfjällkarta av 1929 förekomma flera kalkstensstråk inom kartans nordvästra hörn, kring Överuman och nordöst därom. De mäktiga kalkstenarna ha vid de tidigare undersökningarna antagits vara »kalkstenshorisonten inom geosynklinalsedimenten», det vill säga den från mellersta delen av Västerbottensfjällen omtalade slätdalskalken. Följer man emellertid med användande av det norska geologiska kartbladet »Rana» kalkstensstråken mot norr till Saltdalen samt så mot öster in över gränsen mot Sverige vid Graddis och mot nordöst över sjöarna Ikis- och Mavasjaure fram till Pieskijaure, så kan man konstatera, att kalkstenarna höra till de s. k. pieskikalkstenarna. Om dessa kalkstenar är det bekant, att de ligga lägre inom den geosynklinala lagerserien än mellanordovicium; det visar fossilfynden inom Sulitelmatrakten. (Norges geologiske undersøkelse. N:o 121, 1927.) Pieskikalkstenarna kunna därför ej korreleras med den siluriska slätdalskalken.

Inom Ikisjauretrakten, som ligger c:a 3 mil söder om Sulitelma, påträffade jag 1934 tvenne fossilförande nivåer, som ligga betydligt över dessa trakters pieskikalkstenar. Deras lägen framgå närmare av tabellen. Den ena av dessa nivåer befanns vara den korallrika Slätdalsserien i märgelskifferutveckling. Liksom inom Västerbottensfjällen låg Slätdalsserien här direkt på ett kvartsitkonglomerat, det typiska vojtjakonglomeratet. Den andra fossilförande nivåen påträffades ett gott stycke längre ned i lagerserien samt utgjordes av polymikt konglomerat av gillikstyp, d. v. s. konglomeratet hade ungefär samma anmärkningsvärda sammansättning som de likbenämnda inom Västerbottensfjällen, förande underordnat med kvartsalbitgraniter och kvartsalbitporfyrer samt dolomiter bland sina bollar. I övrigt förekommo ett antal typer av sandiga och slamrika sediment som bollar i konglomeratet. Konglomeratet hade på en lokal inom Neidatjåkko norr om Ikisjaure en mäktighet av c:a 80 m. Fossilen funnos i tunna kalkstenslinser och intermittenta horisonter, framförallt inom konglome-

Björkvattnet—Virisenområdet		Området kring Övre och Nedre Älsvattnen	Området kring Ikisjaure samt söder därom
Virisserien	Kvartsiter		
Lövfjällsserien	Fylliter, kalksandstenar, skiffrar	Granatglimmerskiffrar	
Brokenserien	Lerskiffrar med **Graptolitfauna** samt kvartsiter	Lerglimmerskiffrar	Lerskiffrar — något märgliga skiffrar; i mellersta och undre delen med mäktiga grönstensnivåer (antagl. intrusioner)
Slätdalsserien	Kalkstenar med **Korallrik fauna**	Glimmerkärvfylliter	Märgelskiffrar med kalklinser; **Korallrik fauna**
Vojtjaserien	Kvartsitkonglomerat och kvartsiter	Kvartsitkonglomerat med en del grönstensbollar	Kvartsitkonglomerat och kvartsit
GRÄNS MELLAN SILUR OCH ORDOVICIUM			
Gilliksserien	Skiffrar, Gillikskvartsiter, Gillikskonglomerat, karbonat-, skifferbergarter, effusivnivåer	Kalkglimmerfylliter med kalkstenslinser; grönstensnivåer i undre delen	Kalkfyllitserie, Grönstensagglomerat i översta delen. Gillikskonglomerat med kalklinser; **Korallförande fauna.**
Mesketserien	Effusiva mesketgrönstenar samt även sura eruptiv, skiffer-, karbonatbergarter	Effusiva mesketgrönstenar samt även sura eruptiv. Mäktig lagerserie av fyllitglimmerskiffrar och lerglimmerskiffrar med även sandiga led; tvenne dolomitavdelningar; underordnat grönstensnivåer	Fyllitserie med grönstensnivåer. Svarta skiffrar med porfyrnivå. Fyllitserie med mäktig grönsten i mellersta delen. Övre kalkstensserie, övre pieskikalken, med grönstensnivåer. Fylliter.
Rotikserien	Olivinstenskonglomerat		Kvartsfylliter Kalkfylliter med grönstensnivå.
		Kalkstensserie, pieskikalken	Undre kalkstensserie, undre pieskikalken.
Olivinsten		Olivinsten under eller inom kalkstensserien	Serpentinskifferlinser.
			Svarta skiffrar samt även grå lerskiffrar och svarta och vita kvartsiter.
			Granitporfyrer och graniter.

ratets undre del. I vanliga fall voro fossilen så gott som helt omkristalliserade samt obestämbara. Under 1934 års undersökningar påträffades förutom pelmatozostjälkleder ett enda någorlunda bestämbart fossil, en cf. *Columnaria vacua* Foerste. Under 1935 års sökande kompletterades detta fynd med 5 st. *Halysites*-kolonier, som lågo i en nivå inom konglomeratets mellersta del.

Av avdelningarna i tabellen äro de övre ned till »Övre kalkstensserien» uppmätta i fjällmassiven norr om Ikisjaure och från och med nämnda kalkstensserie samt nedåt i trakterna söder om sjön. Både den övre och den undre kalkstensserien höra hemma inom de s. k. pieskikalkstenarna.

Medräknas ej de olika grönstensbergarterna, som i största utsträckning torde vara lagergångar, blir den uppmätta sedimentlagerföljdens mäktighet i runt tal 3 000 m. Av denna utgör den siluriska delen endast c:a 300 m och den understa avdelningen med svarta skiffrar c:a 200. Dessa svarta skiffrar innehålla nivåer av svarta kvartsiter av ungefär samma beskaffenhet som de mörka sandstenarna inom vissa partier av fjällrandens kambroordovicium samt kunna eventuellt vara förskiffrade graptolitskiffrar eller alunskiffrar. Några orstenar eller annat beviskraftigt material, som direkt kunnat knyta an bergarterna till någon viss avdelning inom fjällrandens kambroordovicium, ha ej påträffats.

Det är emellertid högst sannolikt, att praktiskt taget hela lagerföljden under vojtjakonglomeratet, den presiluriska delen av bergarterna ned till granitporfyrerna och graniterna, hör hemma inom kambroordovicium. De mäktiga kalkstenarna med mellanlagrande avdelningar torde, om man söker göra en jämförelse med kambrosiluren av östlig facies, närmast böra jämföras med ortocerkalken eller delar av densamma.

Inom Storsjöområdets kambrosilur i Jämtland kan man säga, att under ortocerkalkens tid den kalkbetonade faciesen mot väster efter hand ersättes av skifferfacies. Inom södra Norrbottensfjällen och inom väster därom kommande norska fjällområden synes förhållandet vara det, att kalkstenslagerserien från att ha varit mycket mäktig i väster efter hand flikar ut och tunnar ut mot öster till sydöst. Under förutsättning av att det gjorda antagandet om pieskikalkstenarnas ålder äger bärkraft, skulle vi alltså få ett symmetriförhållande mellan sedimentationen inom den östra och västra faciesutvecklingen under ortocerkalkens bildning, som kan leda till ytterligare slutsatser. Men innan man söker komma vidare, böra naturligtvis pieskikalkstenarnas åldersrelationer ytterligare granskas.

Inom trakten kring Ikisjaure funnos talrika nivåer av grönstenar inom högre och lägre led av lagerserien. Några lavastrukturer eller andra ytstrukturer kunde emellertid ej observeras vare sig i de i siluriska eller i de äldre sedimenten liggande grönstenarna, frånsett en tunn agglomeratutvecklad nivå av grönsten inom den översta delen av kalkfylliten ovan gillikskonglomeratet.

Den västerbottniska Mesketseriens stratigrafiska placering i lagerserien under gillikskonglomeratet fick ej någon lösning i det nu behandlade området. Av de tidigare undersökningarna hade det emellertid framgått, att den vulkaniska verksamheten i ringa utsträckning hade fortlevt även under gillikstid, varför det var sannolikt, att Mesketvulkanernas kulminationstid ej var alltför mycket äldre än gillikskonglomeraten. Det kunde anses troligt, att den skulle infalla senare än den rikliga kalkstensavsättningen under pieskikalkstenarnas tid.

För att komma till större klarhet i nämnda stycke gjorde jag sista sommaren under en översiktsresa några dagars uppehåll inom den nordligaste delen av Västerbottensfjällen i trakten kring Övre och Nedre Älsvattnen, där både mesketgrönstenarna och pieskikalkstenarna anstodo. Den undersökta lagerserien inom Älsvattensområdet finnes återgiven i den stratigrafiska tabellen å sid. 108. De trenne stratigrafiska hållpunkterna i lagerserien äro vojtjakonglomeratet, mesketgrönstenarna samt pieskikalkstenarna. Mellan grönstenseffusiven och kalkstenarna finnes en mäktig bergartsföljd av skifferbergarter med även sandiga led. En övre och en undre dolomitavdelning har kunnat urskiljas.

Jag har tidigare förmodat, att både pieskikalkstenarna och mesketgrönstenarna hörde hemma tämligen långt ned i ordovicium. Denna min förmodan utgick ifrån, att mesketvulkanismen sannolikt var likåldrig med bymarksvulkanismen inom Trondhjemsfältet i Norge och att denna hörde hemma inom underordovicium.

Efter min ovan meddelade undersökning är jag benägen att flytta mesketvulkanismen ett stycke framåt i tiden, till en betydligt högre avdelning inom ordovicium. Men det saknas fortfarande paleontologiska belägg för en mera exakt placering.

Man kan fråga sig, varför pieskikalkstenarna endast förekomma inom nordvästra delen av Västerbottensfjällen. Från områdena norrut är det, som tidigare omtalas, känt, att pieskikalkstenarna där avtogo i mäktighet mot sydöst. Beror deras bortovaro inom övriga delar av Västerbottensfjällen på att de där kilat ut, helt försvunnit ur lagerserien, eller på att de äldre lagerföljder, i vilka pieskikalkstenarna ha sin plats, ej finnas blottade. Med erfarenheterna från norr är den förstnämnda möjligheten den sannolikaste.

Ytterligare stöd för en sådan uppfattning kan hämtas från berggrundens sammansättning inom Västerbottensfjällens sydvästra del, från exempelvis Fjällfjällstrakten nordväst om Kultsjön. I denna trakt finnes en mäktig serie kvartsiter, som underlagra traktens alla övriga sediment och som möjligen stratigrafiskt motsvarar strömskvartsitserien inom Fjällrandens område. Någonstans mellan denna basala kvartsitserie och de högre upp i traktens lagerföljd kommande mesketeruptiven, vojtjakonglomeratet och slätdalskalken borde pieskikalkstenarna uppträda. Men det göra de ej.

Den basala kvartsitserien undersöktes för första gången för så länge sedan som 1869 av A. E. TÖRNEBOHM, som konstaterade, att den tillsammans med glimmerskiffrar bildade en mot öster—sydöst överstjälpt antiklinal. En av TÖRNEBOHM upprättad profilskiss genom Fjällfjällens södra del återfinnes i A. HÖGBOMS beskrivning över Stekenjokk—Remdalens malmtrakt av 1925 (S. G. U. Ser. C. N:o 329, sid. 25). Ovan den undre serien kom enl. TÖRNEBOHM glimmerskiffrar med lerskiffrar. HÖGBOM ansluter sig till TÖRNEBOHMS tolkning av tektoniken men anser, att kvartsiterna borde tolkas som ultrasura intrusivbergarter, som trängt fram fullständigt konformt med ovankommande sediment. Kvartsitbergarterna benämndes granuliter samt ansågos vara kaledonisk eruptiv. Denna uppfattning blev den allmänt rådande och återfinnes på 1929 års fjällkarta.

Sommaren 1925 övertvärade jag tillsammans med den schweiziske geologen E. WEGMANN tvenne gånger Fjällfjällsområdet för att få en uppfattning om områdets bergbyggnad och särskilt de sura eruptivens uppträdande. Vi kunde emellertid ej finna några eruptiv utan endast kvartsitbergarter, som uppbyggde den centrala antiklinalen. Vi förmodade emellertid, att sura eruptiv kunde finnas inom andra delar av Fjällfjällens vidsträckta område.

I sin ovan berörda avhandling framkastar HÖGBOM en förmodan om att de svarta, kolhaltiga skiffrar, som komma ovan Fjällfjällens kvartsitbergarter, skulle motsvara kambriska alunskiffrar. För att få reda på om det verkligen rörde sig om alunskiffrar, sökte jag att i samband med Geologiska undersökningens malmletningar de sista åren i trakterna kring Fjällfjällen få prov insamlade av de förmodade alunskiffrarna. Några prov erhöllos ej. Men T. DU RIETZ som under dr HÖGBOMS ledning utförde malmletningar, meddelade mig, att han påträffat en del sparagmitiska bergarter inom Fjällfjällsområdet. Och geolog J. EKLUND, som kartlagt norra delen av det s. k. granulitområdet, har omtalat, att bergarterna överallt inom detsamma ha kvartsitisk och sparagmitisk sammansättning.

Förra sommaren fick jag tillfälle att åter besöka Fjällfjällsområdet. Det visade sig, att sedimenten från silurens bas, vojtjakonglomeratet, och ned till fjällfjällskvartsiterna uppbyggdes av helt övervägande gråa till svartgråa lerskiffrar och fyllitskiffrar med smärre inlagringar av kalkfylliter, kvartsfylliter och fylliter. Några alunskiffrar påträffades ej. Först ett stycke öster om Fjällfjällsantiklinalen kom mesketgrönsten och en horisont gillikskvartsit in i lagerserien. I den olivinsten, som uppträdde ungefär mitt emellan vojtjakonglomeratet och fjällfjällskvartsiterna, noterades på en lokal vacker sedimentär olivinstensbreccia, som visar, att olivinstenen vid ett tidigt tillfälle befunnit sig i erosionsposition. Någonstans i närheten av olivinstenen borde, enligt vad som framkommit vid redogörelsen för de tvenne nordligare områdena, pieskikalkstenarna ha kommit in i sedimentlagerföljden. Men, som nämnt, göra de det ej.

Ur den redogörelse för stratigrafien inom vissa utvalda trakter inom Lapplandsfjällen som här lämnats, har det framgått, att den stratigrafi, som av mig tidigare uppställts för centrala delarna av Västerbottensfjällen, nu kan sägas har regional betydelse. Denna stratigrafi har kunnat byggas nedåt till att omfatta även de undre delarna av kölisedimenten. Av särskilt värde torde vara, att pieskikalkstenarna blivit inpassade i samt knutits fast an till stratigrafien, då dessa kalkstenar ha en mycket vidsträckt utbredning på norska sidan, inom de norska fjällen, där en högre regional metamorfos torde lägga större hinder i vägen för uppspårande av fossilförande nivåer, än som är fallet på svenska sidan gränsen.

Under den tidigare kartläggningen av Västerbottensfjällen ägnades stor uppmärksamhet åt fjälleruptiven och den kaledoniska metmorfosen. De högkristallina stråken med deras glimmerskiffrar, glimmergnejser och amfiboliter ansågos som ofantliga kontaktgårdar kring fjällgraniterna. Veckningsprocessen menades även ha spelat in liksom i någon mån de basiska eruptiven. De kristallina stråken förtonade i de lägre metamorfa köliområdena, och, där ej förskjutningar satt in, kunde man allestädes steg för steg följa den avtagande metamorfosen från seveskiffrar över i köliskiffrar.

Vid mina undersökningar inom mellersta delarna av Västerbottensfjällen hade jag tillfälle att lära känna den successivt stegrade regionala metamorfosen från köli- över i sevebergarter. En redogörelse för dess verkningar inom basiska effusivbergartsserier har jag lämnat i beskrivningen över berggrunden inom Björkvattnet—Virisen-området. Däremot kom jag ej att i någon större utsträckning syssla med förhållandet mellan eruptivbergarterna och metamorfosen. I det följande vill jag helt kortfattat granska detta förhållande för de viktigare eruptiven.

De ultrabasiska peridotiterna ha trängt fram samt kommit i erosionsposition redan tidigt, höra med andra ord alltid hemma inom lagerseriens undre delar. De ha i stort samma metamorfos som omgivande berggrund samt torde ej utövat någon anmärkningsvärd kontaktpåverkan på sidostenen.

De äldre grönstenarna, mesketgrönstenarna, äro ordoviciska lavabergarter samt ha naturligtvis ej haft något inflytande på metamorfosen inom omgivande berggrunden. En stor del av amfiboliterna inom de högkristallina skiffrarna räknas som metamorfa mesketgrönstenar. De konformt i lagerserien intruderade grönstenar, som förekomma både i presiluriska och siluriska bergartslagerföljder, torde i största utsträckning vara siluriska. En del av de i undre delen av lagerpacken förekommande gångarna kunna dock stå i genetiskt förband med mesketvulkanismen.

Som yngre än de siluriska lagergångarna räknas ett mindretal amfibolitiska gångar och delvis omvandlade diabaser, som slå igenom berggrunden. Bl. a. skära sådana raka gångar av redan gnejsglimmerskiffermetamorfa, veckade sevebergarter. Då dessa antagligen yngsta grönstensgångar i sin tur blivit helt eller delvis amfibolitiserade, torde de vara äldre än det sista stadiet inom den regionala metamorfosen.

Det finnes ytterligare en del basiska eruptivbergarter såsom noriter av Artfjällstyp samt en del gabbroida grönstensmassiv. Var dessa skola placeras ur ålderssynpunkt, är delvis osäkert.

Den normala kontaktmetamorfos, som de intrusiva delarna av fjällens grönstenar utövat på sin närmaste omgivning, torde i allra största utsträckning ha suddats ut under den regionala metamorfosens förlopp.

Komma vi så till de sura eruptiven och särskilt då fjällgraniterna, så delar jag ej den uppfattningen, som gör gällande, att de utövat ett så stort inflytande på omgivande berggrund, att de eruptiven omgivande metamorfa bergarterna böra betraktas som representerande jättelika kontaktgårdar omkring eruptiven. I stället skulle jag vilja göra gällande, att fjällgraniterna och anslutna eruptiv ofta synas uppträda diskordant i förhållande till den regiona metamorfosen d. v. s. förekomma i växlande metamorf miljö men att i en del fall ett pseudokonform-konformt uppträdande är för handen. En blick på översiktskartan visar ju redan, att en stor del av de sura eruptiven ligga inom de lägre metamorfa delarna av fjällområdet. Jag skall helt kortfattat söka belysa de sura eruptivens uppträdande i en del undersökta fall.

Inom södra Norrbottensfjällen finnes ett stort granitområde på båda sidorna av riksgränsen från Nasafjäll i söder till Graddis i norr. Områdena öster om detta granitmassiv uppbygges av köliskiffrar, vilka efter hand mot öster övergå i seveglimmerskiffrar. Närmast graniten kommer den serie av svarta skiffrar samt grå lerskiffrar och kvartsiter, som bildar lägsta avdelningen inom södra Norrbottensfjällens kölistratigrafi; de höra hemma inom den understa avdelningen i den stratigrafiska tabellen från Ikistrakten. Skifferserien bär inga spår av kontaktpåverkan. Ej heller genomsättes den av granitgångar. Både graniterna själva liksom angränsande sediment ha dock blivit kataklastiskt påverkade, så att eventuellt förekommande smal kontaktgård eller pålagringskontakt möjligen kan tänkas ha blivit utsuddad. Man ville hellre betrakta det stora granitkomplexet som sedimentens primära liggande än som ett kaledoniskt intrusiv. En sak är emellertid fullt påtaglig, att vi ej kunna göra det stora granitmassivets östra del ansvarigt för att ha utövat någon glimmerskifferskapande kontaktpåverkan på omgivande sedimentära bildningar.

En annan typ representera de keratofyriska eruptiven med även granitkorniga led, som exempelvis finnas i området nordöst om Nedre Älsvattnet i Västerbottensfjällens nordvästra del. Dessa eruptiv ligga konformt i lagerserien samt ha erhållit samma glimmerskiffermetamorfa dräkt som omgivande skiffrar. Till denna typ räknar jag även kvartsalbitgraniterna inom Södra Storfjället.

De sura intrusiven inom området Laxfjället—Gäutavardo samt norr därom uppträda inom lågkristallin miljö. Eruptiven ha genom en överskjutning skjutits upp över sydöstligare liggande fyllitberggrund samt blivit rätt kataklastiskt påverkade. Inom de basala partierna av överskjutningen finnas glimmerskiffrar—glimmergnejser, som genomsättas av pseudokonforma granitgångar. Huvudparten av de överskjutna eruptiven äro emellertid ej graniter utan av syenitisk sammansättning. De högre regionalmetamorfa skiffrarna i eruptivens liggande torde fått sin metamorfos under sitt ursprungligen betydligt lägre utgångsläge inom berggrunden.

Vid Överumans nordöstra del förekommer ett betydande granitmassiv av vita—gråvita normala graniter, så gott som helt massformiga. Graniten skär med sina kontakter snett över den glimmerskiffermetamorfa sidostenen. Granitens massformighet ådagalägger, att den är senare än sidostenens glimmerskiffrighet. I omgivande glimmerskiffrar uppträda gångar av vit granit samt pegmatit. Icke ens de smalaste av dessa gångar ha rönt strukturinflytande av omgivande glimmerskiffrar. Däremot synas granitgångarna ha upptagit granater från glimmerskiffrarna. Granaterna simma nu i den massformiga omgivningen samt ha antagligen blivit delvis regenererade.

Det återstår att något beröra förhållandena inom de områden, vilka å översiktskartan betecknats som granitgenomdränkta glimmerskiffrar och glimmergnejser.

På 1929 års fjällkarta motsvaras denna berggrund av graniterna av Marsfjällstyp, graniterna av Äivesåivetyp samt omslutande injektionsgnejser och gnejsglimmerskiffrar. I den östra kristallina zonen gränsa de granitgenomdränkta skiffrarna både i öster och i väster till amfiboliter, vilka, så vitt jag kan döma, en gång ha bildat s. a. s. tak till dem. Medan amfiboliterna ej blivit regionalt påverkade av de pegmatitiska granitlösningarna — distinkta granitgångar genomsätta dock här och var amfiboliterna —, ha de kristallina skiffrarna i största utsträckning blivit genomsaftade därav. Enligt min uppfattning, grundad på tämligen begränsade undersökningar, ser det ut, som om några samlade massiv av granit ej funnes inom zonen. I stället uppträda huvudsakligen injektionsgnejsartade bergarter med i dem förekommande smålinser av pegmatitisk granit. Granitlösningarna ha i det stora hela luckrat upp de kristallina skiffrarnas förband samt trängt konformt in och genomvävt desamma. Här och var ha dock lösningarna banat sig väg snett över glimmerskiffrighetsplanen eller svällt ut till nebulosaartade partier. Under injektionsgnejsutbildningen införlivas de metamorfa skiffrarnas kvarts-fältspatmaterial i stor utsträckning med det tillförda materialet. Granaterna och glimrarna förhålla sig mera intakta.

Granitgenomdränkningen torde ha skett under tektoniskt delvis andra förhållanden än dem som skapat kristallisationsskiffrigheten. Denna senare torde efter hand kommit till utbildning i samband med den regionala nedpressningen av geosynklinalområdets berggrund mot högre temperaturzoner. Skillnaden mellan de kristallina glimmerskiffrarna—gnejsglimmerskiffrarna och den genomsaftande graniten är, att det stelnade granitmaterialet ej erhållit den kristallisationsskiffrighet, som i så hög grad präglat skiffrarna.

Injektionsmetamorfosen inom den östra kristallina zonen liksom den successiva övergången mellan köli- och sevemetamorfa bergartsserier har under de senare åren varit föremål för undersökningar av T. Du Rietz (S. G. U. Ser. C. N:o 416) från Borkatrakten samt av J. M. Faddegon, som i en på holländska skriven avhandling behandlat berggrunden inom Rivovardo med omgivning. Faddegon gör gällande, att injektionsmetamorfosen kan uppdelas i flera olika stadier samt att de granitiska lösningarna trängt in i en redan metamorf berggrund. Du Rietz gör ej någon sådan uppdelning.

Det av Faddegon undersökta området ligger nära de centrala delar av Västerbottensfjällen, där mina tidigare undersökningar i stor utsträckning ägt rum. Genom Faddegons arbeten ha flera omständigheter framkommit, som fördjupat och förtydligat den bild av det geologiska skeendet, som erhållits i det tidigare undersökta området. De nya data, som Faddegon lämnat, särskilt vad beträffar metamorfosens karaktär, överensstämma rätt nära med de rön, som min efter hand vidgade erfarenhet på området kommit fram till.

Den regionala metamorfosen, granitgenomdränkningen av vissa zoner samt de kaledoniska graniternas framträgande höra alla till tidigare stadier i fjällkedjans metamorfa utveckling än insättandet av de stora skållöverskjutningarna. Den metamorfa dräkt, som berggrunden hade i de av överskjutningarna träffade zonerna vid deras insättande, torde i sina huvuddrag bibehållits under och efter överskjutningarna. I de utsatta glidzonerna ha dock mineralombildning och kataklas ägt rum i stor omfattning, särskilt inom skållornas basala delar.

Minerals of the Varuträsk Pegmatite.

XXIII. Some iron-manganese phosphate minerals and their alteration products, with special reference to material from Varuträsk.

By

BRIAN MASON.

(M.S. received Febr. 6th, 1941.)

CONTENTS.

Part 1. The primary iron-manganese phosphate minerals 117
  Introduction 117
  The graftonite-mangualdite group 119
  Natrophilite 124
  The triphylite-lithiophilite group 125
  The arrojadite-varulite group 129
Part 2. The secondary iron-manganese phosphate minerals 134
  Alteration products of the triphylite-lithiophilite group 135
    Alteration by oxidation 135
    Alteration by hydration 152
  Alteration products of natrophilite, varulite, and arrojadite 155
  Alteration products of graftonite and mangualdite 162
  The oxidation of iron-manganese minerals in the light of the theory of oxidation-reduction potentials 165
Summary 168
Acknowledgements 171
List of references 172

Part 1. The primary iron-manganese phosphate minerals.

Introduction.

The iron-manganese phosphates form a group of minerals, not of common occurrence, but of wide distribution throughout the world. They are minerals of the complex granite pegmatites, and their occurrence is limited by the distribution of these pegmatites. The lithium pegmatites commonly contain iron-manganese phosphates, and, as might be expected from this, the most common of these phosphates are the lithium-bearing minerals triphylite and lithiophilite. Besides the simple phosphates, there are others which contain fluorine, such as triplite, hydroxyl, such as triploidite, or aluminium, such as eosphorite, but these will not be dealt with in this paper. The relatively few primary phosphates have, by the processes of oxidation and hydration, acting singly or together, given rise to a number of secondary phosphates, which will be discussed in the second part of this paper.

The primary iron-manganese phosphate minerals described in this paper may be considered as phases in the three-component system $Li_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ — $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ — $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot \cdot P_2O_5$. The three components occur as the minerals triphylite, $Li_2O \cdot 2(Fe,Mn)O \cdot P_2O_5$, lithiophilite, $Li_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, natrophilite, $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, and graftonite, $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. The chemical composition of these minerals, however, rarely corresponds exactly to the theoretical formula, small quantities of the other components being generally present, probably in a state of solid solution. Small but significant quantities of potassium and magnesium shown by some analyses suggest that these elements also may enter the crystal lattices of the above-mentioned minerals.

Thirtyone analyses of minerals belonging to this group are plotted in Fig. 1. This triangular diagram shows the variation in composition of the primary iron-manganese phosphate minerals as revealed by analyses. Each analysis has been split up into the three components $Li_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, and $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. The small content of K_2O and MgO shown in some analyses has been grouped with Na_2O and CaO respectively in the calculation of the relative amounts of the three components. The method of calculation was as follows: from the molecular proportions given by an analysis the lithium and sodium components were first deducted; excess FeO + MnO was then added to CaO (+ MgO, if any) and this total, plus one-third for the content of P_2O_5, gave the amount of the calcium component. From the molecular amounts of the components the percentage of each was calculated. Fe_2O_3, if present, was not considered; it is only significant in the analyses of altered varulite and arrojadite, and it probably has little bearing on the ratio of the three primary components.

The greater number of the analyses plotted in Fig. 1 are those of the isomorphous minerals triphylite and lithiophilite, both with the general formula $Li_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, triphylite being the iron-rich form and lithiophilite the manganese-rich form. Analyses of these minerals also show the greatest variation, up to 30 % of the $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ and 20 % of the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component being present. The $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component is represented in a nearly pure state by the mineral natrophilite, known only from Branchville, Connecticut. Seven analyses corresponding to the formula $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ have been published, but three different names — graftonite, mangualdite, and repossite — have been ascribed to this group. A feature of the diagram is the occurrence of a group of analyses more or less midway between the $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ and the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ corners. These analyses are of minerals that have been named arrojadite and varulite. This investigation was begun in order to settle the relationship of these minerals to other members of this group of minerals. After some preliminary work it was decided to extend the scope of the research to cover all the minerals represented on the triangular diagram. These minerals will be discussed under four headings: the graftonite-mangualdite group, natrophilite, the triphylite-lithiophilite group, and the arrojadite-varulite group.

The graftonite-mangualdite group.

It should first be pointed out that the general formula of this group — $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ — is not analogous with the formulas of the lithium and sodium iron-manganese phosphate minerals, in which there is a definite ratio between the (Mn,Fe)O and the other basic oxide. The corresponding calcium mineral should have the formula $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, with a theoretical composition as given in Table 1. Lithiophilite, triphylite, and natrophilite are orthorhombic and similar in structure; graftonite differs in being monoclinic. Mangualdite, however, which has a composition rather near $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, is orthorhombic, like lithiophilite, triphylite, and natrophilite. For the sake of completeness both graftonite and mangualdite are discussed here.

In 1900 Penfield (1) described a calcium manganese iron phosphate mineral from a pegmatite near Grafton, New Hampshire. He called it graftonite and gave it the general formula $R_3P_2O_8$. In his own words (p. 23) »The formula of graftonite is, therefore, $R_3P_2O_8$, R standing for the bivalent metals, iron, manganese, and calcium, which evidently are isomorphous with one another and not present in fixed or definite proportions». Since that time graftonite has been identified from North Groton, New Hampshire (2), Greenwood, Maine

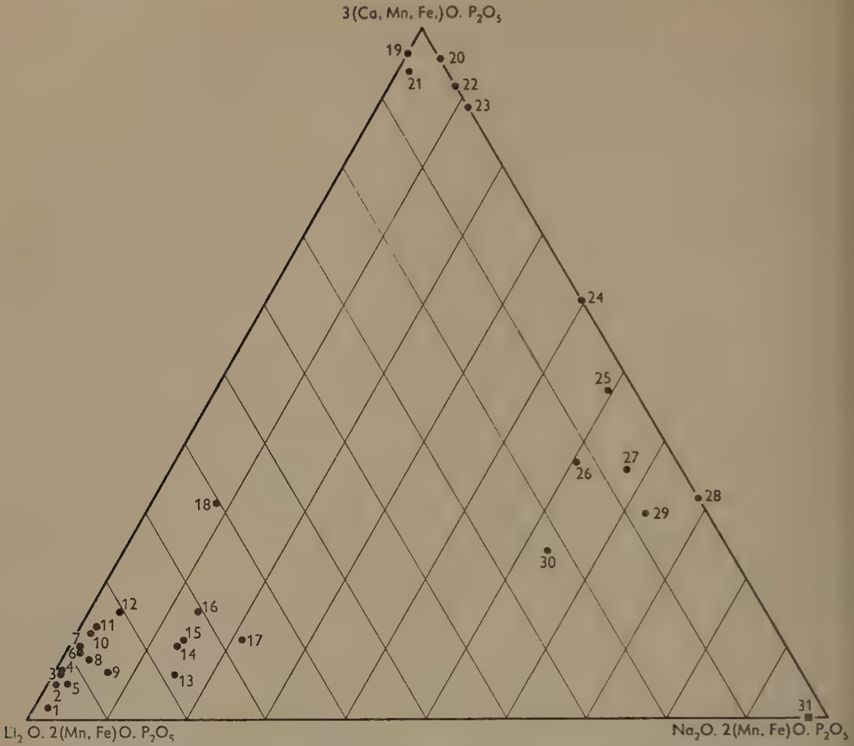

Figure 1. Plot of analyses of the primary iron-manganese phosphate minerals.

1. Triphylite, Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., 17, p. 227, 1879.
2. » Center Strafford, New Hampshire. Am. Mineral., 23, p. 815, 1938.
3. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.
4. Lithiophilite, Norway, Maine. Am. Jour. Sci., 26, p. 176, 1883.
5. » Portland, Connecticut. Am. Mineral., 11, p. 102, 1926.
6. Triphylite, Grafton, New Hampshire. Proc. U. S. Nat. Mus., 49, p. 467, 1915.
7. Triphylite, Bodenmais, Bavaria. Am. Jour. Sci., 17, p. 227, 1879.
8. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.
9. Lithiophilite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 140, 1933.
10. Lithiophilite, Yandeyarra, Western Australia. Jour. Roy. Soc. Western Australia, 12, p. 58, 1926.
11. Triphylite, La Vilate, France. Min. de la France, 4_2, p. 362, 1910.
12. » Bodenmais, Bavaria. Pogg. Annalen, 107, p. 438, 1859.
13. Lithiophilite, Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 295, 1940.
14. Triphylite, Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.
15. » Sukula, Finland. Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 35, p. 99, 1913.
16. Triphylite, Bodenmais, Bavaria. Zeits. gesamt. Naturwiss., 9, p. 152, 1857.
17. Triphylite, Bodenmais, Bavaria. Rammelsberg, Handbuch Mineralchemie, p. 307, 1875.
18. Lithiophilite, Wodgina, Western Australia. Geol. Fören. Förh., 62, p. 295, 1940.
19. Graftonite, Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
20. Mangualdite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 142, 1933.
21. Graftonite, Greenwood, Maine. Am. Mineral., 22, p. 1038, 1937.
22. » Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
23. » Cyrillhof, Moravia. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, p. 337, 1900.

Table 1.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
P_2O_5	39.65	38.94	40.03	40.80	40.81	41.20	42.61	41.79
Fe_2O_3	9.51	—	0.00	10.16	—	—	—	—
FeO	26.09	32.33	27.78	24.28	32.58	30.65	2.97	—
MnO	18.18	23.32	25.48	15.38	15.65	17.62	31.47	41.71
CaO	3.86	4.50	4.71	7.25	7.95	9.23	17.75	16.50
MgO	0.07	—	0.00	—	0.53	0.40	1.48	—
Li_2O	—	—	0.37	—	—	0.33	—	—
Na_2O	1.12	—	0.16	1.15	—	—	0.74	—
K_2O	0.81	—	0.05	0.14	—	—	0.11	—
$H_2O > 110°$	—	0.39	0.60	1.17	trace	0.75	0.31	—
$H_2O < 110°$		0.15					0.22	
F	—	—	0.00	—	—	—	1.05	—
Cl	0.14	—	—	—	—	—	0.26	—
Insol.	—	—	0.18	—	—	—	2.04	—
	99.89	99.63	99.82	100.33	100.12	100.18	101.01	100.00
	($Al_2O_3=0.46$)		($CaCO_3=0.46$)		($Al_2O_3=2.60$)			

1. Graftonite, Cyrillhof, Moravia. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, p. 337, 1900.
2. » (Repossite), Olgiasca, Italy. Periodico Mineralogia Roma, 6, p. 21, 1935.
3. » Greenwood, Maine. Am. Mineral., 22, p. 1038, 1937.
4. » Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
5. » Brissago, Switzerland. Schweizerische Min. Pet. Mitt., 19, p. 303, 1939.
6. » Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
7. Mangualdite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 142, 1933.
8. Theoretical composition of $CaO.2MnO.P_2O_5$.

(3), Center Strafford, New Hampshire (4), and Brissago, in the Swiss Alps (59).

Besides these occurrences three minerals of the same general formula have been analysed and described: an unnamed mineral from Cyrillhof in Moravia (5); a mineral, from Olgiasca in Italy (6), to which the name repossite was given (STRUNZ (7) has recently shown that repossite is identical with graftonite); and a mineral from Mangualde in Portugal, which has been called mangualdite (8). The genesis of these minerals is similar in that they have all been found in granite pegmatites, associated with typical pegmatitic minerals. Table 1 gives the available analyses of minerals of this group.

The five recorded occurrences of graftonite — from Grafton, North Groton, Greenwood, Center Strafford, and Brissago — need not be further discussed here. The similarity of analytical and optical data

---

24. Arrojadite, Serra Branca, Brazil. Publicacao da Inspectoria de Obras Contra as Seccas, Rio de Janeiro, No. 58, 1925.
25. Arrojadite, Nickel Plate Mine, South Dakota. Am. Jour. Sci., 41, p. 417, 1891.
26. Varulite, Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 94, 1937.
27. » Varuträsk, Sweden. Thelma Berggren analyst, 1941.
28. » Skrumpetorp, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 378, 1940.
29. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 298, 1940.
30. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 298, 1940.
31. Natrophilite, Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 39, p. 206, 1890.

shows that their identity is not in dount. It remains to discuss the three European occurrences of similar composition to graftonite, but which were not identified with that mineral.

1. Unnamed phosphate from Moravia. In 1900 JOHN (5) described an iron-manganese phosphate from a pegmatite at Cyrillhof, near Gross Meseritch in Moravia. This mineral was described as being of a dark reddish brown color, and forming amorphous masses, which had a glassy fracture, with a resinous lustre on the fracture surfaces. In external characters this phosphate was extremely similar to a previously described triplite from the same region, but analysis showed it to contain no fluorine.

JOHN refrained from giving the mineral a name, as from the analysis he considered it to be a mixture of two compounds, one with the formula $3RO \cdot P_2O_5$ and the other with the formula $3R_2O_3 \cdot 2P_2O_5$, in the proportion of 9 : 1. He does not discuss the matter further and evidently overlooked the fact that even if his analysed sample was a mixture, the compound $3RO \cdot P_2O_5$ was not previously known as a mineral.

It can be seen from Fig. 1 that when his analysis is recalculated with respect to the different components, the mineral from Cyrillhof falls within the $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ group. The Cyrillhof mineral resembles especially the graftonite from Grafton analysed by FORD, the main difference being the lower calcium content in the Cyrillhof mineral. Both the graftonite analysed by FORD and the Cyrillhof phosphate show about 10 % of Fe_2O_3, indicating that the minerals have been somewhat oxidized. The alteration of the iron-manganese phosphates generally proceeds by the oxidation of the iron, and JOHN records two other analyses of phosphates from Cyrillhof in which all the iron is oxidized to the trivalent state and all the manganese remains in the bivalent state (Table 9, p. 163).

No optical data are recorded for the mineral from Cyrillhof, so no comparison with graftonite is possible along those lines. The close resemblance chemically of this mineral to identified graftonite is considered to be good evidence for classing it with graftonite. The unaltered mineral would probably have a composition smillar to the graftonite from Greenwood, as alteration of graftonite appears to proceed by the oxidation of the iron and the removal of calcium. Cyrillhof is therefore recorded as a new locality for graftonite.

2. Repossite. Repossite was described by GRILL in 1935 (6). It was found in a pegmatite at Olgiasca, near Lake Como in Italy, where it was associated with the usual pegmatite minerals, quartz,

felspar, muscovite, and biotite. Grill noted that graftonite and repossite were similar, but he differentiated between them on account of certain differences from the physical and genetic standpoint.

Grill's contention regarding the non-identity of repossite and graftonite has not been generally accepted. Both Ramdohr (9) and English (10) classify graftonite and repossite together as one and the same mineral.

Strunz (7) has proved the identity of repossite and graftonite by X-ray investigation. He took powder photographs of Grill's original repossite and of the graftonite from North Groton (written in Strunz's paper »North Grafton»). These powder photographs were identical. Graftonite and repossite are thus the same mineral, and since the name graftonite has priority, the name repossite must be discarded.

3. Mangualdite. Mangualdite was described by Mario de Jesus (8) from the pegmatites near Mangualde in Portugal. These pegmatites also contain lithiophilite and triplite, and secondary iron-manganese phosphates derived from them. The analysis in Table 1 shows that mangualdite is essentially a calcium manganese iron phosphate with the same general formula as graftonite. Mario de Jesus, however, appears to have been unaware of the existence of graftonite, for he considered he was dealing with a new mineral and named it mangualdite, without discussing in any way its relationship to graftonite.

Chemically mangualdite appears to stand very close to graftonite. It contains, however, nearly twice as much calcium as any previously analysed graftonite. If calcium replaces manganese and iron isomorphously, then the difference in calcium content between mangualdite and graftonite is no ground for differentiating between them. Calcium, however, although bivalent, has a much larger ion than either manganese or iron, and for that reason it can probably only partly replace manganese and iron. Thus the formula $3RO \cdot P_2O_5$ where $R = Ca$, Mn, and Fe, may cover more than one phase, according to the amount of calcium present. All analysed graftonites contain less than 10 % CaO and probably have the same structure; mangualdite, however, contains more than 17 % CaO, and may differ in structure.

The physical properties of mangualdite, as far as they are known, support the idea that it differs from graftonite. Mario de Jesus considered mangualdite to be orthorhombic; graftonite is monoclinic. The specific gravity of mangualdite is 3.33, whereas that of graftonite is 3.67—3.80. The description of mangualdite lacks details regarding the optical properties, so it is not possible to make any comparisons along those lines. The colour of mangualdite is olive green. the colour of graftonite is salmon to brown.

A suggestive feature is the close approach of mangualdite to the theoretical composition required by the formula $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$, which would be the calcium analogue of natrophilite, $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. Natrophilite and mangualdite are both orthorhombic, and it may be that mangualdite represents a natrophilite in which all the sodium has been replaced by calcium. This would be a reason for mangualdite being orthorhombic, whereas graftonite is monoclinic. The calcium ion and the sodium ion are very similar in size, and can replace each other isomorphously.

To test these possibilities I have attempted to procure a specimen of mangualdite in order to make X-ray investigations on its structure, and thus compare it with natrophilite and graftonite. Unfortunately these attempts have been unsuccessful. I must therefore content myself with pointing out the features of similarity and difference between mangualdite and graftonite, without giving any decision as to whether they are or are not identical. Until more is known about mangualdite the name should remain as a mineral chemically similar to graftonite. but containing a considerably greater percentage of calcium, perhaps approximating to the formula $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$.

Natrophilite.

Natrophilite was described by BRUSH and DANA in 1890 (11), and their description remains to this day the only source of information concerning this mineral. It is extremely rare, having been found only at the type locality, the pegmatite at Branchville in Connecticut. It occurs together with a large number of iron-manganese phosphate minerals — lithiophilite, triploidite, dickinsonite, fairfieldite, hureaulite, and others.

The only published analysis of natrophilite shows a predominance of manganese over iron (38.19 % MnO, 3.06 % FeO). In the predominance of manganese over iron this natrophilite is analogous to lithiophilite. Investigations in the future may reveal an occurrence of natrophilite in which iron predominates over manganese, analogous to triphylite.

In crystalline form and optical properties natrophilite is analogous to lithiophilite and triphylite. Through the courtesy of Dr. HARRY BERMAN of Harvard University I have obtained a small piece of the original natrophilite of BRUSH and DANA, in order to make some X-ray investigations upon it. A preliminary investigation has shown that the structure of natrophilite is similar to, but not identical with, lithiophilite and triphylite. The difference in structure is evidently due to the much larger size of the sodium ion compared to that of the lithium ion.

The rarity of natrophilite compared to lithiophilite and triphylite is its most marked feature. Lithiophilite and triphylite are relatively common minerals of the complex granite pegmatites. Natrophilite has been recorded once only. In outward appearance natrophilite is similar to some varieties of lithiophilite, but a flame test is sufficient to distinguish it.

The triphylite-lithiophilite group.

The triphylite-lithiophilite group has been classified under two names according to the ratio between manganese and iron. If the percentage of MnO in an analysis is less than the percentage of FeO the mineral is classed as a triphylite; if the percentage of MnO is greater than the percentage of FeO the mineral is classed as a lithiophilite. This is a purely artificial convention in that the structure does not vary with varying iron and manganese content; the manganese and iron can replace each other atom for atom in the structure. All variations between the two theoretical end-members $Li_2O \cdot 2FeO \cdot P_2O_5$ and $Li_2O \cdot 2MnO \cdot P_2O_5$ are known. However, the distinction between lithiophilite can be made not only by analysis, but also by the optical properties, which vary continuously between one end of the series and the other. The distinction between lithiophilite and triphylite becomes less clear and a little meaningless when dealing with such specimens as the lithiophilite from Mangualde in Portugal, which contains 21.82 % FeO and 22.36 % MnO, and the triphylite from Manitoba, which contains 21.70 % FeO and 21.13 % MnO. Most specimens, however, fall distinctly into one class or the other.

Triphylite and lithiophilite are much more common than any other of the primary iron-manganese phosphate minerals that are discussed here, as can be seen from the greater number of analyses of the triphylite-lithiophilite group that are available. A complete list of analyses of triphylite and lithiophilite since 1875 is given in Table 2. The earlier analyses of triphylite, which are often incomplete and unreliable, have been omitted.

The analyses of triphylite and lithiophilite often show considerable amounts of sodium and calcium, as can be seen from Fig. 1. The extremes so far met with are over 30 percent of the $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component, and over 20 percent of the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ com-

Table 2.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	41.08	43.36	43.18	42.51	42.3	44.43	43.00
Fe_2O_3	2.76	—	—	3.64	—	—	—
FeO	31.09	37.31	36.21	30.03	33.4	35.06	31.90
MnO	8.49	8.58	8.96	9.72	9.9	11.40	14.40
CaO	6.13	0.60	0.10	0.51	0.2	—	—
MgO	—	0.66	0.83	1.49	1.3	—	1.03
Li_2O	6.95	8.44	8.15	8.77	9.2	8.59	7.91
Na_2O	2.71	0.20	0.26	1.76	—	—	0.40
K_2O	trace	—	—	0.53	—	—	—
$H_2O > 105°$ $H_2O < 105°$	0.42	0.52	0.87	0.96	1.7	—	0.40
Insol.	0.50	0.21	0.83	—	—	0.60	—
	100.13	99.88	99.39	99.92	98.0	100.08	99.04
	(F = tr.)						

1. Triphylite, Sukula, Finland. Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 35, p. 99, 1913.
2. » Bodenmais, Bavaria. Tschermaks Min. Pet. Mitt., 47, p. 98, 1935.
3. » Bodenmais, Bavaria. (Mean of 2 analyses.) Am. Jour. Sci., 17, p. 227, 1879.
4. » Zwiesel, Bavaria. Doelter, Handbuch der Mineralchemie, 3_1, p. 302, 1918.
5. » Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
6. » Hagendorf, Bavaria. Zeits. Kryst., 55, p. 561, 1920.
7. » La Vilate, France. Min. de la France, 4_2, p. 362, 1910.

Table 2 (continued).

	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
P_2O_5	44.87	43.85	44.76	42.23	44.03	44.10	44.47
Fe_2O_3	—	—	—	0.33	—	0.00	6.30
FeO	29.13	27.66	26.40	22.85	26.23	24.33	18.21
MnO	15.96	16.63	17.84	18.15	18.21	18.95	20.16
CaO	0.31	trace	0.24	1.84	0.94	1.82	1.36
MgO	0.42	2.30	0.47	0.11	0.59	trace	0.00
Li_2O	8.86	8.49	9.36	7.92	8.79	8.52	6.06
Na_2O	0.15	0.35	0.35	0.58	0.12	0.16	2.28
K_2O	0.07	0.06	—	0.00	0.32	0.00	0.00
$H_2O > 105°$ $H_3O < 105°$	0.48	0.41	0.42	0.36 0.13	1.47	0.31 0.29	0.64 0.05
Insol.	0.21	0.27	—	5.80	—	1.24	0.20
	100.46	100.02	99.84	100.30	100.70	99.72	99.73

8. Triphylite, Center Strafford, New Hampshire. Am. Mineral., 23, p. 815, 1938.
9. » Grafton, New Hampshire. Proc. U. S. Nat. Mus., 49, p. 467, 1915.
10. » Norwich, Massachusetts. (Mean of 2 analyses.) Am. Jour. Sci., 17, p. 227, 1879.
11. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.
12. » Grafton, New Hampshire. (Mean of 2 analyses.) Am. Jour. Sci., 13, p. 426, 1877.
13. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.
14. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 81, 1937.

Table 2 (continued).

	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
P_2O_5	46.41	44.14	44.93	43.43	45.99	46.35	45.22
Fe_2O_3	—	—	—	0.00	—	—	—
FeO	21.70	21.82	16.36	7.45	10.44	10.96	13.01
MnO	21.13	22.36	28.58	30.53	30.80	31.90	32.02
CaO	0.65	1.80	0.05	9.70	2.78	—	—
MgO	0.23	0.36	—	0.00	0.94	—	—
Li_2O	8.36	8.04	8.59	5.51	7.87	9.55	9.26
Na_2O	0.12	1.33	0.21	1.48	0 34	0.30	0.29
K_2O	0.44	—	—	0.17	0.00	—	—
$H_2O > 105°$ $H_2O < 105°$	0.99	—	0.54	1.74 0.07	1.11	0.40	0.17
Insol	0.20	0.26	0.13	0.16	—	0.16	0.29
	100.23	100.11	99.39	100.41	100.27	99.62	100.26
				(Cl = 0.07)			
				(F = 0.10)			

15. Triphylite, Pointe du Bois, Manitoba. Univ. Toronto Studies, Geol. Ser., No. 30, p. 9, 1931.
16. Lithiophilite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 140, 1933.
17. » Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 26, p. 176, 1883.
18. » Wodgina, Western Australia. Geol. Fören. Förh. 62, p. 295, 1940.
19. » Yandeyarra, Western Australia. Jour. Roy. Soc. Western Australia, 12, p. 58, 1926.
20. » Poland, Maine. Am. Mineral., 15, p. 377, 1930.
21. » Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 17, p. 228, 1879.

Table 2 (continued).

	22.	23.	24.	25.	26.	27.
P_2O_5	45.05	45.1	44.40	44.90	44.67	44.95
Fe_2O_3	—	—	—	—	—	—
FeO	12.57	7.1	8.60	5.16	4.02	2.94
MnO	32.65	33.4	35.98	40.13	40.86	42.58
CaO	trace	3.3	0.78	0.08	—	trace
MgO	—	—	—	—	—	—
Li_2O	9.23	7.5	8.50	8.61	8.63	9.11
Na_2O	0.24	2.7	0.14	0.49	0.14	0.24
K_2O	—	0.6	—	—	—	—
$H_2O > 105°$ $H_2O < 105°$	0.30	0.3	1.19	0.41	0.82	0.65
Insol.	0.17	—	0.12	0.16	0.64	0.16
	100.21	100.00	99.71	99.94	99.78	100.63

22. Lithiophilite, Branchville, Connecticut. Am. Mineral., 10, p. 383, 1925.
23. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 295, 1940.
24. » Norway, Maine. Am. Jour. Sci., 26, p. 176, 1883.
25. » Portland, Connecticut. Am. Mineral., 11, p. 102, 1926.
26. » Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 16, p. 119, 1878.
27. » Buckfield, Maine. Am. Mineral., 10, p. 383, 1925

ponent. The question arises as to what part this content of calcium and sodium plays in the structure of triphylite and lithiophilite.

X-ray powder photographs were taken of the analysed lithiophilite from Varuträsk (Fig. 1, 13), containing 15.6 % of the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component, and of the analysed triphylite from Varuträsk (Fig. 1, 14), containing 13.8 % of the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component. Powder photographs were also taken of the natrophilite from Branchville, which is almost pure $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. Comparison showed that the powder photographs of the lithiophilite and the triphylite from Varuträsk showed no lines corresponding to lines in the powder photograph of natrophilite. It is thus unlikely that the high content of the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component in the lithiophilite and triphylite is due to microscopic or submicroscopic intermixture with natrophilite. More probably the $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ component is soluble in lithiophilite and triphylite, at least to a limited extent. X-ray studies indicate that the structure of natrophilite is similar to that of lithiophilite and triphylite, but that the lattice dimensions of the natrophilite are rather different, due to the difference in size between the sodium and the lithium ions. Fig. 1 shows that no mineral has yet been analysed showing lithiophilite or triphylite containing more than 22 % $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$; the one analysis of natrophilite shows a content of less than 3 % $Li_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. Although this is probably partly due to lack of analytical data, it certainly suggests the possibility that the two components are not completely miscible in the solid state. In spite of the similarity between lithium and sodium as neighbouring members of the alkali group, the great difference in their ionic radii (Li = 0.78Å Na = 0.98Å) make it improbable that there exists a complete series of solid solutions between the lithium and the sodium iron-manganese phosphates.

When the calcium containing lithiophilites and triphylites are considered, the Wodgina lithiophilite stands out at once, on account of its high absolute and relative content of the $3(Ca,Mn,Fe)O.P_2O_5$ component. It contains more than 30 % of this component, more than twice that of any other analysed lithiophilite or triphylite. Although under the microscope the lithiophilite from Wodgina appears homogeneous, X-ray powder photographs show, besides the reflections corresponding to lithiophilite, some weak reflections of another phase. At first it was thought that this phase might be graftonite, but a comparison of the lines of the powder photograph of graftonite with the foreign lines in the powder photograph of the Wodgina lithiophilite showed that this was not so. The composition of the calcium bearing excess in the Wodgina lithiophilite, recalculated to 100, gives CaO 31.0 %, MnO 25.6 %, P_2O_5 43.4 %, which does not correspond with any known mineral. The elements present are the same as in graftonite and mangualdite, but the nearest graftonite has only 9.23 % CaO, and mangualdite has only 17.75 % CaO. Even if the admixed phase in the Wodgina lithiophilite has the same formula as graftonite and mangualdite — $3(Ca,Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ — the difference in the calcium content may be sufficient to cause the admixed phase to have a different structure. Nothing is known of the structure of mangualdite, so it has not been possible to compare it with the admixed phase.

The arrojadite-varulite group.

Varulite was described by QUENSEL in 1937 (12) as a new manganese phosphate from the Varuträsk pegmatite in northern Sweden. Since that time it has been found at one other locality — also in a Swedish pegmatite — at Skrumpetorp in Godegård parish in the province of Östergötland (13). Two other earlier described minerals showing close relationship with varulite are arrojadite, a Brazilian mineral described by GUIMARAES in 1925 (14), and a mineral, provisionally named headdenite by QUENSEL, described from South Dakota by HEADDEN in 1891 (15). The available analyses of these minerals are reproduced in Table 3.

HEADDEN and GUIMARAES gave the formula $4R_3PO_4 \cdot 9R_3P_2O_8$ to their minerals. QUENSEL, in his original description of varulite, showed that HEADDEN's phosphate and varulite corresponded with the formula $Na_2O \cdot 5RO \cdot 2P_2O_5$ (i. e. $4R_3PO_4 \cdot 10R_3P_2O_8$). New analyses of the Varuträsk varulite, published in 1940 (16), did not agree with this formula; nor did the analysis of the varulite from Skrumpetorp. In the papers on the new analyses of the varulite from Varuträsk, and on the varulite from Skrumpetorp, no attempt was made to give the mineral a formula. The assignment of a suitable formula was postponed until this paper.

In previous calculations the apparently logical course was taken of reckoning the basic oxides in two groups, R_2O and RO. Thus oxides of the alkali metals fell in one group, and CaO, FeO, and MnO in the other group. The ratio $R_2O : RO : P_2O_5$ was then calculated. This procedure fails to give consistent formulas with these minerals. It works very well, however, in the case of lithiophilite, triphylite, and natrophilite, in which the important components are an oxide of the alkali metals, FeO and MnO, and P_2O_5. In these minerals the ratio $R_2O : RO : P_2O_5$ is 1 : 2 : 1. The essential feature which distinguishes

Table 3.

	1	2	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	43.40	44.93	42.80	44.14	44.60	38.64	34.32
Fe_2O_3	9.29	5.32	8.35	7.66	6.44	—	12.39
FeO	9.73	11.03	7.52	9.50	12.01	25.05	19.84
MnO	25.43	25.31	25.30	24.76	21.06	15.54	12.33
CaO	2.51	2.30	4.86	2.75	3.60	5.53	5.69
MgO	trace	0.13	0.00	0.16	0.09	1.50	1.85
Na_2O	8.10	8.08	7.12	9.02	9.72	7.46	4.67
K_2O	trace	0.12	0.12	0.07	trace	2.00	1.45
Li_2O	0.46	1.65	0.88	0.53	—	0.28	trace
$H_2O > 105°$	1.16	0.64	0.75	0.60	1.52	0.73	4.96
$H_2O < 105°$	0.07	0.18	0.14	0.15	0.14		0.44
F	0.00	0.00	0.06	0.00	0.08	0.69	—
Insol.	0.18	0.28	1.80	0.24	0.44	2.47	0.66
	100.33	99.97	100.06	99.58	99.70	99.89	100.12

(Cl = tr.) (Al_2O_3 = 0.36) (Cl = tr.) (SnO_2 = 1.52)

Molecular Ratios.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	1.009	1.097	1.064	1.076	1.153	0.958	0.798
(Fe, Mn)O	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
(Na_2, Ca)O	0.816	0.916	1.006	0.918	0.968	1.010	1.042

(In the above ratios Fe_2O_3 is recalculated as bivalent; (Na_2,Ca)O includes K_2O, Li_2O, and MgO.)

1. Varulite, Varuträsk, Sweden. Thelma Berggren analyst, 1941.
2. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 298, 1940.
3. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 94, 1937.
4. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 298, 1940.
5. » Skrumpetorp, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 378, 1940.
6. Arrojadite (Headdenite), Nickel Plate Mine, Pennington Co., South Dakota. Am. Jour. Sci., 41, p. 417, 1891.
7. Arrojadite, Serra Branca, Picuhy, Parahybla, Brazil. Publicacao da Inspectoria de Obras Contra as Seccas, Rio de Janeiro, No. 58, 1925.

varulite and arrojadite from natrophilite is the presence of calcium. The question thus arises as to what part this calcium plays in the structure of varulite and arrojadite.

Previous authors, when calculating a formula, have assumed that calcium replaces iron and manganese. From considerations of valency this certainly appears a logical and plausible supposition. Modern theories of crystal chemistry suggest, however, that calcium may replace sodium, in which case the content of calcium should be grouped together with that of sodium in the derivation of a suitable formula. The principal basic elements in varulite and arrojadite are calcium, sodium, manganese, and iron. The ionic radii of these elements are: Ca 1.06Å, Na 0.98Å, Mn 0.91Å, Fe 0.83Å (Goldschmidt, 17); or Ca 0.99Å, Na 0.95Å, Mn 0.80Å, Fe 0.75Å (Pauling, 18). These figures show that in varulite and arrojadite calcium is the largest basic ion present, and that in size it is more comparable with sodium than with manganese and iron. Considerations of ion size suggest therefore that calcium is more allied to sodium than to manganese and iron, and that in calculationg a formula for varulite and arrojadite the iron and manganese should be grouped together, and the calcium grouped with the sodium.

An added complication in calculating a formula for varulite and arrojadite lies in the partial oxidation which all analysed samples of these minerals (except the phosphate from South Dakota) show. In varulite the unaltered mineral has been found in thin sections. However, the content of trivalent iron can be allowed for. Here it is necessary to anticipate some of the results which will be given in the second part of this paper. It will be shown that the oxidation of varulite takes place in the following way: the P_2O_5 content remains constant, the iron and manganese oxidises to the trivalent state, and in order to conform to considerations of valency, one molecule of alkali oxide is removed for every molecule of trivalent oxide formed. Thus in a calculation of the original composition of a partly oxidised mineral such as represented by analysis 2 in Table 3, the molecular proportion of Fe_2O_3 (in this example 0.0333) should be doubled and added to the molecular proportion of (Fe,Mn)O, and an equivalent amount, i. e. 0.0333, should be added to the molecular proportion of the alkali oxide.

With these two considerations in mind we can proceed to calculate a formula for varulite and arrojadite. The second part of Table 3 shows the results obtained. The molecular proportions are grouped under three heads: P_2O_5, (Mn,Fe)O, and $(Na_2,Ca)O$ together with the small quantities of other basic oxides present. The ratios have been obtained using $(Mn,Fe)O = 2$ as a basis for calculation. It can be seen that the ratio $(Na_2,Ca)O : (Mn,Fe)O : P_2O_5$ approximates to $1 : 2 : 1$. In no case is the agreement perfect; but with these partly altered minerals perfect agreement can hardly be expected. In all five analyses of varulite there is an excess of P_2O_5; this probably indicates that part at least of the $H_2O > 105^{\circ}$ is basic. The arrojadite from Brazil shows the greatest deviation from the ideal formula, giving 0.798 instead of 1.000 for the P_2O_5 ratio. In this case, however, the specimen analysed was impure, the author specifically stating that the analysed material was not only partly altered, but also contained some hematite, quartz, and cassiterite. The too low value for the ratio of P_2O_5 is a result of a too high value for the Fe_2O_3 content, which results in a too high value for (Mn,Fe)O and $(Na_2,Ca)O$.

The above reasoning suggests the formula $(Na_2,Ca)O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ for varulite and arrojadite; in varulite the ratio of iron to manganese is less than 1, in arrojadite this ratio is greater than 1. This formula for varulite and arrojadite suggests a close relationship to the minerals lithiophilite and triphylite, and especially to natrophilite. On chemical grounds varulite and arrojadite appear as natrophilite in which part of the sodium is replaced by calcium. Alternatively varulite and arrojadite can be considered as solid solutions of two components $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ and $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$. The component $Na_2O \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ occurs nearly pure as the mineral natrophilite; the component $CaO \cdot 2(Mn,Fe)O \cdot P_2O_5$ is not certainly known as a mineral.

The nomenclature of these minerals must be discussed at some length. For the manganese-rich members of the varulite-arrojadite group the nomenclature is simple. The name varulite stands alone and was specifically applied by QUENSEL to those specimens in which the manganese content was greater than the iron content.

In the nomenclature of the iron-rich members of the group confusion exists because different names have been applied to them at different times. The first specimen belonging to this group was described from South Dakota by HEADDEN in 1891. He described it as »a phosphate near triphylite», but pointed out that the differences in composition were too great to admit of it being regarded as identical with triphylite. However, he gave it no name. ZIEGLER, in 1914, in a description of the mineralogy of the Black Hills of South Dakota (19), pointed out the desirability of distinguishing HEADDEN's phosphate from triphylite, and suggested the name soda-triphylite for it, on account of the high sodium content. In 1925 GUIMARAES described arrojadite; he showed that by deducting impurities and calculating iron as ferrous, the arrojadite from Brazil agreed with HEADDEN's formula for the mineral from South Dakota. GUIMARAES therefore named HEADDEN's phosphate arrojadite, apparently not having seen ZIEGLER's paper.

Both arrojadite from Brazil and HEADDEN's phosphate have a Fe : Mn ratio greater than 1. In 1937 QUENSEL described the corresponding mineral with a Fe : Mn ratio less than 1 and named it varulite. He pointed out that HEADDEN's phosphate was related to varulite in the same way that triphylite is related to lithiophilite. He had not seen the work either of ZIEGLER or of GUIMARAES, and therefore provisionally named HEADDEN's phosphate headdenite.

Thus three names are current for the iron-rich members of the arrojadite-varulite group — soda-triphylite, arrojadite, and headdenite. Application of the law of priority would assign the name soda-triphylite to these iron-rich minerals. That is all that can be said in favour of ZIEGLER's name. In other respects it is a thoroughly bad name. The name soda-triphylite, if it suggests anything, suggests a mineral in which the lithium of triphylite has been replaced by sodium; this mineral is already known and has been named natrophilite. HEADDEN's phosphate differs from natrophilite in its calcium content, and this calcium content is its distinguishing feature. In spite of the law of priority, therefore, I would suggest the rejection of ZIEGLER's name on the grounds of its being false in signification.

Soda-triphylite being rejected, the name arrojadite becomes applicable, having priority over QUENSEL's name headdenite. GUIMARAES applied the name arrojadite both to his mineral from Brazil and to Headden's phosphate from South Dakota. In a recent paper (16) QUENSEL has pointed out that arrojadite from Brazil and HEADDEN's phosphate differ in that part of the iron content in the Brazilian arrojadite is in the trivalent state. In HEADDEN's phosphate, however, all the iron is bivalent. QUENSEL suggests the retention of his name headdenite for HEADDEN's phosphate on the grounds that the arrojadite from Brazil is a partly oxidised subspecies of HEADDEN's phosphate.

GUIMARAES described arrojadite in a rather obscure publication, and I have not been able to refer to it, but only to abstracts in the Mineralogical Magazine, the American Mineralogist, and to the description in HINTZE's handbook. These descriptions, however, show that GUIMARAES gave the name arrojadite to a mineral with the composition $4R_3PO_4 \cdot 9R_3P_2O_8$, with all the iron in the bivalent state, that is, to the unoxidised mineral represented by HEADDEN's phosphate. GUIMARAES specifically stated that the analysed sample of the Brazilian arrojadite contained some hematite and some alteration products, which would account for the content of Fe_2O_3 in the analysis. He therefore applied the name arrojadite to the unoxidised mineral, represented in a pure state by the mineral from South Dakota. This principle was followed quite independently by QUENSEL in 1937 in his original description of varulite. He proposed the name varulite for the unoxidised mineral, although his analysis showed a partial oxidation of the iron to the trivalent state.

The position is that the name arrojadite was proposed for the unoxidised mineral, represented in a pure state by HEADDEN's phosphate. Arrojadite therefore is strictly synonymous with QUENSEL's headdenite, and priority rules that the name arrojadite must be accepted and the name headdenite rejected.

Varulite and arrojadite are similar in composition to two other rare minerals, dickinsonite and fillowite. Dickinsonite and fillowite are dimorphous forms of the same compound $R_3P_2O_8 \cdot \frac{1}{3}H_2O$, in which R = Mn, Fe, Ca, and Na_2 mainly. Chemically dickinsonite and fillowite are distinguished from the arrojadite-varulite group by the small (about 1.6 %) but constant amount of water present, and by the ratio (Mn,Fe)O : (Na_2,Ca)O, which is variable and greater than the corresponding 2 : 1 ratio in varulite and arrojadite. In physical properties dickinsonite and fillowite are also different from varulite and arrojadite; their specific gravity is considerably lower, and they differ in optical properties, e. g. the refractive indices of dickinsonite and fillowite are lower than those of varulite and arrojadite. X-ray powder photographs of the type dickinsonite from Branchville differ from powder photographs of varulite. Structurally, therefore, dickinsonite and varulite are different. I have not had any specimens of fillowite available, so have not been able to make a similar comparison between it and varulite. Chemical and physical properties, however, indicate that fillowite is a mineral quite distinct from varulite or arrojadite. Dickinsonite and fillowite will not be further discussed, as their properties indicate that they are not closely related to the minerals dealt with here.

Part 2. The secondary iron-manganese phosphate minerals.

In the first part of this paper the primary minerals of the iron-manganese phosphate group were discussed in detail. The purpose of that discussion was to show the relationship between the different minerals in the group, and to provide a basis for the investigation of the large number of secondary iron-manganese phosphates that have been described as resulting from the alteration of one or other of the primary minerals. These secondary minerals are formed by the processes of oxidation and hydration, acting singly or together.

In the first paper dealing with the minerals of the Varuträsk pegmatite (12) QUENSEL showed that the oxidation of the primary iron-manganese phosphate minerals was a two-stage process; all the bivalent iron was oxidised to the trivalent state before the bivalent manganese was affected. Thus from a primary iron-manganese phosphate with both iron and manganese bivalent, there is derived by oxidation first a mineral with all the iron trivalent and all the manganese bivalent, and then another mineral with all the iron and all the manganese in the trivalent state.

Since 1937 this institute has built up a considerable collection of these minerals from different parts of the world. New material and new analyses have given a clearer understanding of this group of minerals, and for this reason the whole complex of alteration products of the primary minerals has been taken up for renewed consideration. The alteration series of each of the primary minerals — lithiophilite and triphylite, natrophilite, arrojadite and varulite, and graftonite and mangualdite — will be discussed in turn.

Alteration products of the triphylite-lithiophilite group.

The triphylite-lithiophilite alteration products are dealt with first, as their widespread distribution and number of occurrences make triphylite and lithiophilite the most important of the primary iron-manganese phosphate minerals. For this reason much has been written about the alteration of triphylite and lithiophilite, and many names given to the secondary products. Study has shown that a number of these names are synonymic, and therefore must be discarded.

1. Alteration of triphylite and lithiophilite by oxidation.

In the first report on the minerals of the Varuträsk pegmatite (QUENSEL, 12), the oxidation of triphylite and lithiophilite was formulated as follows:

triphylite	$\longrightarrow$	Fe-sicklerite	$\longrightarrow$	heterosite
$Li(Fe^{2+}, Mn^{2+})PO_4$		$Li(Fe^{3+}, Mn^{2+})PO_4$		$(Fe^{3+}, Mn^{3+})PO_4$
lithiophilite	$\longrightarrow$	Mn-sicklerite	$\longrightarrow$	purpurite
$Li(Mn^{2+}, Fe^{2+})PO_4$		$Li(Mn^{2+}, Fe^{3+})PO_4$		$(Mn^{3+}, Fe^{3+})PO_4$

This was the first recognition that the oxidation of the iron-manganese phosphates was a two-stage process. The evidence for the two-stage process is most striking in specimens from Varuträsk, a central nodule of fresh blue grey triphylite being surrounded successively by a brown ring of sicklerite and a purple ring of heterosite. Prior to 1937 sicklerite was known only from Pala, California. It was described by SCHALLER in 1912 (20), who noted that it was an alteration product of lithiophilite, without suggesting any relationship between the sicklerite and the purpurite which is also found at Pala.

The end members of the oxidation series — triphylite and lithiophilite, heterosite and purpurite — have been recorded from a number of localities, but sicklerite, the mineral of the middle stage of oxida-

Table 4.

	1.	2.	3.	4.	5.
P_2O_5	44.64	44.80	44.45	43.10	44.83
Fe_2O_3	29.08	27.20	14.58	11.26	4.72
Mn_2O_3	—	0.00	4.89	2.10	8.19
FeO	0.22	0.59	0.00	—	0.00
MnO	15.20	19.13	26.14	33.60	29.61
CaO	1.88	1.36	0.84	0.20	3.44
MgO	1.70	0.11	0.59	—	0.00
Li_2O	3.26	3.72	4.89	3.80	3.94
Na_2O	0.88	0.81	1.17	—	1.22
K_2O	0.00	0.00	0.13	—	0.08
$H_2O > 105°$	0.44	0.51	0.76	1.71	4.02
$H_2O < 105°$	0.79	0.51	1.00	—	0.11
Insol.	2.42	1.66	0.32	4.18	0.32
	100.51	100.40	99.76	99.95	100.48

Molecular Ratios.

	1.	2.	3.	4.	5.
RO	3.070	3.024	3.036	2.821	2.775
P_2O_5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

(RO = sum of basic oxides recalculated as bivalent.)

	1.	2.	3.	4.	5.
MnO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Li_2O	0.502	0.448	0.444	0.269	0.316

1. Fe-sicklerite, Lövlunden, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 84, 1937.
2. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 84, 1937.
3. Mn-sicklerite, Eräjärvi, Finland. Thelma Berggren analyst, 1940.
4. » Pala, California. Jour. Washington Acad. Sci., 2, p. 145, 1912.
5. » Wodgina, Western Australia. Thelma Berggren analyst, 1939.

tion, has only been recorded from Pala, Varuträsk, and doubtfully from Center Strafford, New Hampshire (4). In the fourth (1932) edition of Ford-Dana's »Textbook of Mineralogy» and in English's »Descriptive List of the New Minerals, 1892—1938» sicklerite is also recorded from the Tintic district, Utah. Tintic as a locality for sicklerite would be surprising, as sicklerite is a mineral of the lithium pegmatites, and Tintic is a locality for copper minerals. The record, however, is erroneous; the origin of the mistake lies on p. 606 of the »Zeitschrift für Kristallographie», vol. 62, 1925; there, on account of a printing error, the line separating mixite from sicklerite has been misplaced, so that mixite from Tintic is included under the heading of sicklerite. This extract from the »Zeitschrift für Kristallographie» was a summary taken from the 1921 edition of Larsen's »The microscopic determination of the nonopaque minerals», and reference to the source book disclosed the error in the reprint in the »Zeitschrift für Kristallographie». References in mineralogical textbooks to Tintic as a locality for sicklerite should therefore be deleted.

The available analyses of sicklerite are collected in Table 4. These analyses show that sicklerite can be characterised as a lithium iron-manganese phosphate with all the iron trivalent and all the manganese bivalent. Schaller formulated sicklerite thus: $6MnO \cdot Fe_2O_3 \cdot 4P_2O_5 \cdot \cdot 3(Li,H)_2O$.[1] Quensel, investigating the Varuträsk sicklerite, which contains much more iron than the sicklerite from Pala, formulated it thus: $12RO \cdot 5Fe_2O_3 \cdot 9P_2O_5$ (R including both Li_2 and Mn). He pointed out, however, that the Fe_2O_3 content was naturally dependent on the amount of iron in the original triphylite and lithiophilite, and that the ratio of RO to R_2O_3 could not be expected to show any strict molecular proportions.

The ideal formula for sicklerite would be the perfectly general one derived from consideration of the oxidation process by which it is formed from lithiophilite and triphylite, and by which it forms purpurite and heterosite. This process may be theoretically represented by the following equation:

$$\begin{array}{lcl}
\underset{\text{triphylite-lithiophilite}}{Li_2O \cdot 2(Mn_{1-x}, Fe_x) \cdot P_2O_5} & \xrightarrow{xO} & (1-x)[Li_2O \cdot 2MnO \cdot P_2O_5] \cdot \\
 & & \underset{\text{sicklerite}}{\cdot x[Fe_2O_3 \cdot P_2O_5] + xLi_2O} \\
 & \xrightarrow{(1-x)O} & \underset{\text{heterosite-purpurite}}{(Mn,Fe)_2O_3 \cdot P_2O_5 + (1-x)Li_2O}
\end{array}$$

The test of this ideal theoretical formula is whether it agrees with the experimental data embodied in the analyses. The theoretical formula gives no indication as to how the variable but generally small content of H_2O, Na_2O, CaO, and MgO are bound in the structure. The fundamental condition is that the ratio of the basic oxides (all calculated as bivalent) to P_2O_5 should be 3 : 1. The second half of Table 4 shows that this condition is fairly well met (H_2O is not including among the basic oxides). Analyses 4 and 5 show the greatest deviation, both on the side of a deficiency of basic oxide. These two analyses also show a rather high water content, suggesting that part of this water is basic and combined with P_2O_5.

A further condition of the theoretical formula is that the ratio $MnO : Li_2O$ should be 1 : 0.5. Testing this condition leads to difficulties in that it is not known what part the oxides Na_2O, CaO, and MgO play in the structure. For the purposes of a rough calculation these oxides have not been considered. The second part of Table 4 gives the value of this ratio for each analyses. Analyses 1, 2 and 3 give quite good agreement with the theoretical requirements; analyses

---

[1] It may be pointed out that present conceptions of crystal chemistry oppose the idea, inherent in this formula, that the hydrogen ion can replace the lithium ion.

4 and 5 give poor agremeent. Analyses 1, 2, 3, and 4 are most satisfactory from the point of view of the calculation in that they show only small percentages of other oxides than those required by theory. Analysis 5 is particularly unsatisfactory for calculation on account of the high content of calcium; part of this calcium may be present as a phase other than sicklerite, but it is probable that some at least is present in the sicklerite, replacing one or other of the basic oxides.

The conclusion may be reached that the theoretical equation gives a picture of the oxidation process which is not far from that which takes place in nature. The ideal formula for sicklerite is $(1-x) [Li_2O \cdot \cdot 2MnO \cdot P_2O_5] \cdot x[Fe_2O_3 \cdot P_2O_5]$, but actual analyses may not conform to the ideal formula, expecially when there are appreciable amounts of CaO, MgO, and Na_2O present. The part these oxides play in the structure cannot be determined definitely with the evidence that is available. All that can be said is that they are linked as basic oxides with P_2O_5; how they are distributed in the structure of sicklerite is not known. Although some analyses of sicklerite conform to the theoretical formula, for practical purposes it is probably better to formulate sicklerite more generally, thus: $(Li, Mn^{2+}, Fe^{3+})PO_4$, it being understood that other oxides, especially CaO, MgO, Na_2O, and H_2O, may appear in an analysis, without, however, being essential constituents.

The type sicklerite from Pala was formed by the oxidation of lithiophilite, and had a higher content of manganese than of iron. The sicklerite from Varuträsk was formed by the oxidation of triphylite, and thus had a higher content of iron than of manganese. QUENSEL therefore proposed (12, p. 85) to name the mineral from Varuträsk ferri-sicklerite (shortened to Fe-sicklerite) indicating a relationship with the Pala sicklerite but emphasising the higher content of iron.

This proposal follows the lines of the earlier differentiation between triphylite and lithiophilite, heterosite and purpurite. The distinction between an iron-rich and a manganese-rich sicklerite may be made in a number of ways. The most fundamental is, of course, the direct determination of the content of iron or manganese by chemical analysis. Optical methods might be used, but would be difficult to apply on account of the deep colour and high refractive index of sicklerite, and at present there is complete lack of data on the variation of optical properties of sicklerite with chemical composition. X-ray methods are useful in distinguishing between iron-rich and manganese-rich sicklerites; the lattice dimentions of sicklerite vary with varying Fe_2O_3 content, the size of the unit cell diminishing with increase of the Fe_2O_3 content. The positions of lines in powder photographs therefore change

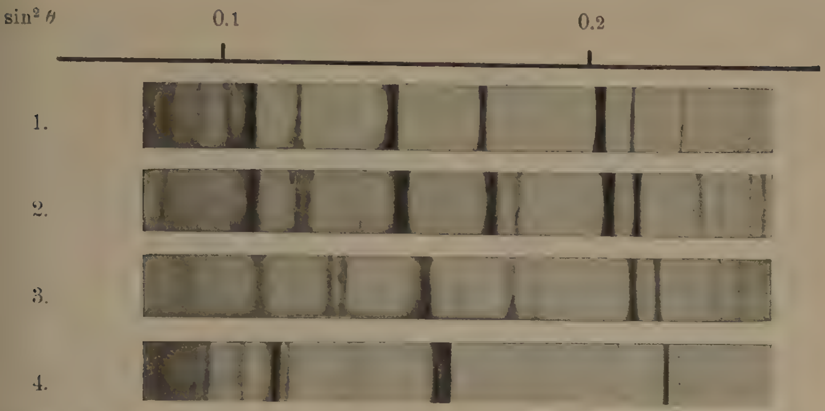

Figure 2. X-ray powder photographs of triphylite, Mn-sicklerite, Fe-sicklerite, and heterosite, illustrating the change in position of the reflections with increase in R_2O_3 content (R = Fe,Mn). Cr-*K* radiation.

1. Triphylite, Varuträsk. 43 % RO, 0 % R_2O_3. Unit cell volume = 296 Å^3.
2. Mn-sicklerite, Eräjärvi. 26 % RO, 19 % R_2O_3. Unit cell volume = 292 Å^3.
3. Fe-sicklerite, Varuträsk. 15 % RO, 29 % R_2O_3. Unit cell volume = 287 Å^3.
4. Heterosite, S. W. Africa. 1 % RO, 49 % R_2O_3. Unit cell volume = 269 Å^3.

Powder photographs of lithiophilite are identical with powder photographs of triphylite, and powder photographs of purpurite are identical with powder photographs of heterosite.

regularly with increase of Fe_2O_3 content (Fig. 2). This method, however, requires powder photographs of one or two analysed sicklerites for comparison purposes. Finally the character of the sicklerite can be deduced from the character of the associated minerals: from the origin of sicklerite it can be seen that a manganese-rich sicklerite will generally occur associated with lithiophilite and purpurite, whereas an iron-rich sicklerite will generally occur associated with triphylite and heterosite.

I therefore formally propose that SCHALLER's original name sicklerite, applied to the mineral from Pala, be extended to cover the whole group with the general formula $(Li,Mn^{2+},Fe^{3+})PO_4$. QUENSEL's names Fe-sicklerite and Mn-sicklerite can then be used to divide the group into two parts: Fe-sicklerite being the name applied to a sicklerite in which the ratio of iron to manganese is greater than 1, Mn-sicklerite being applied to a sicklerite in which this ratio is less than 1.

Fe-sicklerite was identified doubtfully by SWITZER (4) from the pegmatite at Center Strafford in New Hampshire. He wrote: »One of the triphylite alterations from Center Strafford resembles QUENSEL's ferri-sicklerite, and it may be that the two are the same. In a direct comparison of the material in question from Center Strafford, and ferri-sicklerite from Varuträsk kindly furnished by Dr. QUENSEL, the two minerals resemble each other rather closely both physically and optically. The Center Strafford material is dark brown or black in color, and has a dark brown powder. It is biaxial, with a moderate optic angle, has a mean refractive index of approximately 1.80, and is strongly pleochroic from light to dark brown.[1] Due to high absorption, optical data are obtained with great difficulty, so the exact optical correspondence of the two is not certain.»

X-ray powder photographs of the Center Strafford mineral, kindly sent to this institute by Professor PALACHE, confirmed its identity with the ferri-sicklerite from Varuträsk. Center Strafford is therefore another locality for this mineral.

From the literature dealing with the alteration of triphylite and lithiophilite, it is evident that the presence of sicklerite has sometimes been recognised, but the mineral has not been identified as such. Thus MÜLLBAUER, in his description of the pegmatite at Hagendorf in Bavaria (21, p. 326), writes: »The alteration products of triplite and triphylite, preserving the structure of the parent substances, are the water-containing iron-manganese phosphates heterosite with dominant iron content and brown colour, and purpurite with dominant manganese content and purple-violet colour. Specimens were collected from this place (Hagendorf) in the summer of 1923 that in the space of a few square centimeters show fresh triplite and triphylite changing to heterosite and purpurite, the last two always occurring together. These specimens, in which the heterosite always occurs between the fresh unaltered material and the purpurite, are, on account of the water content, rather friable.»

The author is correct in stating that heterosite is an iron rich phosphate and purpurite a manganese rich phosphate. However heterosite equally with purpurite has a purple-violet colour, not a brown colour. As far as I have seen, heterosite and purpurite do not occur together, heterosite being associated with triphylite, purpurite with lithiophilite. Specimens from Hagendorf in the collection of this institute show a brown mineral and a purple-violet mineral occurring together, just as MÜLLBAUER says. The brown mineral is, however, not heterosite, but ferri-sicklerite, and the purple-violet mineral not purpurite but heterosite. The description »the heterosite (ferri-sicklerite) always occurs between the fresh unaltered material and the purpurite (heterosite) tallys exactly with what has been observed in specimens from other localities also.

---

[1] In QUENSEL's paper (12, p 83) ferri-sicklerite was described as being »almost unpleochroitic» Later observation showed that the Varuträsk sicklerite, like the sicklerite from Pala and Center Strafford, is pleochroic from yellow to brown; the earlier published observation was made when the quantity of sicklerite from Varuträsk was very small, and only one thin section was available.

Müllbauer's error in writing heterosite for ferri-sicklerite and purpurite for heterosite probably had its origin in the description of Laubmann and Steinmetz of the pegmatite at Hühnerkobel in Bavaria (22, p. 574). They also recognised two substances as resulting from the alteration of triphylite; one, a brown mineral, they identified as heterosite, and the other, a purple mineral, they identified as purpurite. The optical properties of the brown mineral they described thus: »In thin section the cleavage directions of triphylite are just as completely preserved in heterosite, as seen with the naked eye. The heterosite has a transparent brown colour, with strong pleochroism from deep brown to clear brown; the double refraction is weak and in convergent light the mineral is optically biaxial, but this is difficult to see on account of the strong colour.» This description agrees with the properties of sicklerite, not with those of heterosite.

There is no doubt that Laubmann and Steinmetz, and Müllbauer, were dealing with specimens of ferri-sicklerite, which were wrongly identified with heterosite. Similarly the mineral they identified as purpurite was actually heterosite. In all specimens from the pegmatites at Hagendorf and Hühnerkobel that I have examined the sequence is triphylite — ferri-sicklerite — heterosite, not triphylite — heterosite — purpurite, as put forward by these authors.

Hodge-Smith (57) in 1934 described heterosite from a lithia-bearing albite pegmatite in the Euriowie Range of New South Wales, Australia. From his description of the heterosite, it appears that triphylite and sicklerite were also present. He writes: »Under the microscope a very well marked parting at 68° to the principal cleavage is seen. It is made more prominent by the presence of a colourless mineral with a high refractive index, low double refraction, and straight extinction, possibly apatite. In places this mineral is replaced by a golden-yellow mineral. Of the two cleavages seen in the hand specimen one is more distinct than the other; both are more or less curved and much interrupted. Inclusions along the cleavage surfaces, probably due to alteration of the same yellowish brown mineral, previously noted, are very common. No trace of the colourless mineral observed along the parting planes was noted along the cleavages. That the mineral has been subjected to strain is demonstrated by the presence of minute faults beautifully shown by the colourless mineral along the parting planes.»

Hodge-Smith actually called the heterosite »purpurite», but the analysis shows 36 % Fe_2O_3 and only 15 % Mn_2O_3, so the mineral is rightly named heterosite. He described it as »evidently an alteration product of lithiophilite», but the predominance of iron over manganese indicates that it is probably an alteration product of triphylite. The above description of a colourless mineral with a high refractive index, low double refraction, and straight extinction points to the mineral being triphylite, rather than apatite. Especially suggestive is the replacement of this colourless mineral by a yellowish brown mineral, which, considering the association, is almost certainly sicklerite. The most probable interpretation of the facts put forward in HODGE-SMITH's paper is that in the lithium pegmatites of the Euriowie Range the usual sequence triphylite — ferri-sicklerite — heterosite is present.

Pseudoheterosite. LACROIX, in his »Mineralogie de la France» (23), recognised a mineral, occurring together with triphylite and heterosite, which he called pseudoheterosite. This mineral appears to be identical with sicklerite. LACROIX describes it thus: »it forms. between the triphylite and the heterosite, a zone exceeding in places one centimeter in width; one can frequently establish the presence of lamellae of heterosite in the middle of it; especially is it found in the cleavages of this mineral. I suppose that it constitutes an intermediate state of transformation of triphylite to heterosite, although it is possible that it is, on the contrary, a product of the transformation of heterosite». No analysis was made of pseudoheterosite, but concerning an analysis of heterosite, which gave a sum of 103.17 instead of about 100, LACROIX writes: »All the iron and manganese has been estimated as sesquioxide, the excess in the analysis showing that there exists a part in a state of lower oxidation; this is probably due to the presence of pseudoheterosite, which is perhaps an intermediate stage in the oxidation of triphylite.» LACROIX differentiated pseudoheterosite from triphylite and heterosite on optical properties. Pseudoheterosite was pleochroic from golden yellow to yellow brown and deep brown. Its axial angle seemed to be near 90°, although measurement was rendered impossible by the intensity of colour and pleochroism. The optic orientation of pseudoheterosite was different from that of triphylite and heterosite.

These properties agree with those of sicklerite, except for the optic orientation. In a thin section of lithiophilite and sicklerite from Eräjärvi, in which the cleavages of the lithiophilite continue into the sicklerite, the optic orientation of the sicklerite is the same as that of the lithiophilite. Apart from this one observation everything points to pseudoheterosite and sicklerite being one and the same mineral. LACROIX himself apparently thought that pseudoheterosite was an intermediate stage in the oxidation of triphylite to heterosite, just as sicklerite is. In specimens from central France, I have seen sicklerite occurring together with triphylite and heterosite.

The identity of sicklerite and pseudoheterosite introduces a problem of nomenclature. Pseudoheterosite was described by Lacroix in 1910, two years before Schaller described sicklerite. By applying the law of priority the name sicklerite should be discarded in favour of pseudoheterosite. Schaller's description was, however, much more complete than Lacroix's; Schaller gave an analysis of sicklerite, and thus established it as an intermediate stage in the oxidation of triphylite and lithiophilite, with all the iron trivalent, and all the manganese bivalent. He also gave detailed physical and optical properties of the mineral. The name sicklerite has survived, whereas the name pseudoheterosite has been overlooked or forgotten. In these circumstances it is best that pseudoheterosite as a mineral name should disappear and be replaced by sicklerite.

From material in this institute sicklerite has been identified in specimens from the following localities: Varuträsk, Sweden; Eräjärvi (near Oriväsi) and Tammela, in Finland; Hagendorf and Hühnerkobel, in Bavaria; the neighbourhood of Limoges, in central France; Branchville, Connecticut, the type locality for lithiophilite; Center Strafford, Rochester, and North Groton, in New Hampshire; Peru and Stoneham, in Maine; and Wodgina, in Western Australia. All these occurrences are in lithium pegmatites, the sicklerite occurring together with the primary minerals, lithiophilite and triphylite, and the products of further oxidation, heterosite and purpurite. The known localities for sicklerite can be grouped according to type present as follows:

Fe-sicklerite	*Mn-sicklerite*
Varuträsk	Pala
Tammela	Varuträsk
Hagendorf	Eräjärvi
Hühnerkobel	Branchville
Central France	Wodgina
Center Strafford	
Rochester	
North Groton	
Peru	
Stoneham	
Euriowie Range (?).	

Heterosite and purpurite. Heterosite was described in 1825 (24) from the pegmatites near Limoges, in central France. The original description was in a French journal, and was largely overlooked, as later finds of what were evidently heterosite were not identified with this mineral. In 1851 CRAW (60) and DANA (61) analysed and described an alteration product of triphylite from Norwich, in Massachusetts, and in 1854 MALLET (25) reanalysed the same mineral and added further details of its occurrence. Both the analyses (Table 5, 3, 4, and 7) and the physical properties of this mineral show that it was heterosite. In 1879 BRUSH and DANA (26) described alteration products of lithiophilite which also correspond in physical properties and composition with heterosite, although more manganiferous than the type heterosite from Limoges. Heterosite is not given specific rank in the sixth (1892) edition of DANA's »System of Mineralogy»; it is mentioned among »alterations of triphylite and triplite», the only locality given for it being Limoges.

Heterosite had fallen into such obscurity that in 1905 GRATON and SCHALLER (27) described a mineral of the same composition and properties as »Purpurite, a new mineral». Two years later SCHALLER (28) proposed the names ferripurpurite for the iron-rich end member of the isomorphous series, and manganipurpurite for the corresponding manganese-rich end member. SCHALLER sent some of his purpurite to LACROIX, who compared it with the type heterosite from Limoges. This comparison showed the identity of the two minerals, LACROIX pointing out that SCHALLER's purpurite was only a heterosite more manganiferous than that of Limoges, on account of its having been formed from lithiophilite, whereas the type heterosite was formed from triphylite (23). SCHALLER (29) therefore proposed to retain the name purpurite, but to restrict it to the manganese-rich members of the isomorphous series (corresponding to his manganipurpurite), the original name heterosite being similarly restricted to the iron-rich members (corresponding to his ferripurpurite). This distinction follows the same principle as the distinction between the parent minerals, lithiophilite and triphylite, and has been generally accepted. Some confusion, however, still exists; for example HODGE-SMITH (57) described as purpurite a mineral from New South Wales containing 36 % Fe_2O_3 and 15 % Mn_2O_3, which therefore must be classed as heterosite. BERMAN (2) has criticised the differentiation between heterosite and purpurite, pointing out that neither of the end members have been reported as occurring in nature, and that heterosite and purpurite vary in their optical properties to a marked degree, even within the same specimen, so that it is difficult to differentiate the two minerals optically.

This criticism is just, but the differentiation between heterosite and purpurite has persisted, and will probably continue. As pointed out above, it rests on the same basis as the differentiation between triphylite and lithiophilite, although it is possible to distinguish triphylite from lithiophilite by optical measurements. Analytical determination of the content of iron or manganese in the mineral is the most certain method of deciding whether a specimen should be classed as heterosite or purpurite. X-ray power photographs, useful in distinguishing Mn-sicklerite from Fe-sicklerite, are of no value in the case of heterosite and purpurite, as the lattice dimensions of these minerals do not alter with alteration in the ratio between iron and manganese. If the parent minerals are known, this knowledge is generally sufficient to decide whether one is dealing with heterosite or purpurite. Heterosite is associated with triphylite and Fe-sicklerite, purpurite with lithiophilite and Mn-sicklerite. This method of distinguishing the two minerals rests upon the assumption that the ratio between iron and manganese does not change during the oxidation from triphylite or lithiophilite to heterosite or purpurite. This assumption is generally, but not always, valid.

Table 5 gives the reliable analyses of heterosite and purpurite published up to 1940. Two analyses of heterosite from Limoges — that of VAUQUELIN in 1825, and that of RAMMELSBERG in 1852 — which do not agree well with the theoretical composition of this mineral, are omitted. The two analyses of the so-called pseudotriplite are included, although they show too high a content of Fe_2O_3 to correspond well with heterosite. Other properties indicate that pseudotriplite is synonymous with heterosite, and the lack of agreement in the analyses is probably due to admixture with ferric oxide.

The ratio between $(Fe,Mn)_2O_3$ and P_2O_5 in all analyses except the two of pseudotriplite does not vary greatly from 1. This indicates that the $(Fe,Mn)_2O_3$ and the P_2O_5 are combined as the normal phosphate, the formula being $(Fe^{3+},Mn^{3+})PO_4$. The water content, however, is variable, and in most analyses fails to give any simple ratio to the $(Fe,Mn)PO_4$. SCHALLER considered that the water content indicated by analysis was probably present as water of crystallization, and wrote the formula of heterosite and purpurite as $2(Fe,Mn)PO_4 \cdot H_2O$. LACROIX, without discussing the question, wrote the formula thus: $(Fe,Mn)PO_4 + H_2O(?)$. QUENSEL pointed out that the analyses of the Varuträsk and the Erongo heterosite did not confirm SCHALLER's formula respecting the content of H_2O. He showed that the analyses of the Varuträsk and the Erongo heterosite agreed better with the formula $4(Fe,Mn)PO_4 \cdot H_2O$ than with SCHALLER's formula $2(Fe,Mn)PO_4 \cdot H_2O$.

Table 5.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	47.30	41.60	41.35	44 64	38 72	(44.0)[1]	43.04
Fe_2O_3	15.89	24.60	27.36	26.02	28.20	27.0	29.50
Mn_2O_3	29.25	29.35	24.70	23.30	24.45	23.0	22.59
MnO	—	—	—	—	—	—	—
CaO	1.48	—	1.97	1.61	1.28	—	0.09
MgO	—	—	trace	trace	0.04	—	0.73
Li_2O	trace	—	2.27	2.20	0.11	—	1.79
Na_2O	0.84	—	—	—	1.07	—	—
$H_2O > 105°$	5.26	7.62	2.07	2.07	3.74	6.0	2.05
$H_2O < 105°$					2.33		
Insol.	0.52	—	0.29	0.30	0.27	—	—
	100.54	103.17	100.01	100.14	100.21	100.00	99.79
			(Al_2O_3 = tr.)	(Al_2O_3 = tr.)			

Molecular Ratios.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$(Fe, Mn)_2O_3$	0.857	1.162	1.127	0.989	1.216	1.017	1.087
H_2O	0.877	1.444	0.395	0.366	0.762	1.075	0.377
% $FePO_4$	35	45	52	52	53	54	56

1. Purpurite, Kings Mountain, North Carolina. Am. Jour. Sci., 20, p. 150, 1905.
2. » Chanteloube, France. Min. de la France, 4_2, p. 470, 1910.
3. Heterosite, Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., 11, p. 99, 1851.
4. » Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., 11, p. 99, 1851.
5. » (Neopurpurite), Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 150, 1933.
6. » Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 24, p. 253, 1907.
7. » Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., 18, p. 34, 1854.

When all the analyses are considered, it can be seen that the water content is very variable, and only exceptionally agrees with any of the above formulas. Water is by far the most troublesome constituent of minerals for the satisfactory presentation of a chemical analysis. It may be present as adsorbed water, in which case it constitutes an impurity; it may be present as hydroxyl groups; and it may be present as water of crystallization. Accurate distinction of the three forms is rarely possible.

If the water content of heterosite and purpurite were present as water of crystallization, one might expect that the ratio of H_2O to $(Fe,Mn)PO_4$ would show some constancy. As the analyses show, this ratio is quite variable. If only part of the water were water of crystallization, and the remaining part adsorbed or linked as hydroxyl, then the lowest value of the molecular proportion of water might be considered as approaching the ideal figure for the content of water of

---

[1] Estimated by difference.

Table 5 (continued).

	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
P_2O_5	41.93	41.77	43.79	36.60	43.45	35.70	35.71
Fe_2O_3	27.44	34.89	33.42	36.30	38.36	48.17	51.00
Mn_2O_3	20.42	17.57	15.14	15.30	12.08	8.94	8.07
MnO	3.60	—	1.53	—	—	—	—
CaO	1.70	—	1.16	2.16	1.37	—	—
MgO	0.17	—	0.00	—	trace	—	—
Li_2O	0.46	—	0.83	—	trace	—	—
Na_2O	1.12	—	0.72	1.60	trace	—	—
$H_2O > 105°$ . . .	1.65	4.40	2.33	(5.30)[1]	4.82	5.30	4.52
$H_2O < 105°$ . . .	1.67		1.08				
Insol.	0.30	0.22	—	0.48[2]	0.19	1.40	0.70
	100.46	98.85	100.00	100.00	100.27	99.51	100.00

$(K_2O = 2.26)$

Molecular Ratios.

	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
P_2O_5	1.000	1.000	1.000	1.000	1 000	1 000	1 000
$(Fe, Mn)_2O_3$ . . .	1.021	1.122	0.990	1.259	1.039	1.427	1.475
H_2O	0.325	0.831	0.420	1.142	0.875	1.170	0.998
% $FePO_4$	57	66	69	70	76	84	86

8. Heterosite Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 88, 1937.
9. » Limoges, France. Ann. Chim. Phys., 41, p. 344, 1829.
10. » Erongo, South-West Africa. Geol. Fören. Förh., 59, p. 88, 1937.
11. » Euriowie Range, New South Wales. Rec. Australian Mus., 19, p. 175, 1934.
12. » Hill City, South Dakota. Am. Jour. Sci., 24, p. 153, 1907.
13. » (Pseudotriplite), Rabenstein, Bavaria. Jour. prakt. Chem., 5, p. 319, 1835.
14. » (Pseudotriplite), Rabenstein, Bavaria. Lehrbuch der Oryktognosie, Aufl. 2, p. 537, 1845.

crystallization. For heterosite and purpurite the lowest value for the ratio $P_2O_5 : H_2O$ is 0.325 (analysis 8), followed by 0.366 (analysis 4). This suggests that even if most of this water were combined as water of crystallization, the proportion cannot be greater than one molecule of water of crystallization to every 7 or 8 molecules of $(Fe,Mn)PO_4$.

An experiment was devised in order to obtain some indication as to whether the water content shown by analyses of heterosite and purpurite was constitutional or bound by forces of adsorption. Analysis of a sample of the heterosite from Erongo (analysis 10) showed that the total water content was 3.41 %. Another part of this sample was then taken and heated for 24 hours at 110°, and then 24 hours at 200°. 1.79 % H_2O was driven off at 110°, and a further 1.52 % at 200°, a total of 3.31 %, close to the total water content estimated on the separate sample. X-ray powder photographs were taken of the heterosite (a) before heating; b) after heating at 110°; (c) after heating at 200°.

---

[1] Estimated by difference.

[2] Includes SiO_2 0.20.

These powder photographs were identical one with the other. Thus the water content can be driven out of heterosite without causing any alteration of structure and without causing any change in the size of the unit cell. It is probable, therefore, that the water content in purpurite and heterosite is not constitutional, but held by forces of adsorption. Although all analyses of heterosite and purpurite show the presence of a certain amount of water, this water does not appear to be an essential constituent. It need not appear in the calculated formula. The ideal formula of heterosite and purpurite is thus (Fe^{3+}, Mn^{3+})PO_4; in heterosite the iron content is greater than the manganese content, in purpurite the manganese content is greater than the iron content.

Heterosite and purpurite result from the oxidation of triphylite and lithiophilite. As will be shown later in this paper, they also result from the oxidation of natrophilite, varulite, and arrojadite. Some authors have also suggested that heterosite and purpurite may result from the alteration of triplite, $(Mn,Fe)_2(F)(PO_4)$. Thus MÜLLBAUER (21, p. 326), describing the minerals from the pegmatite at Hagendorf in Bavaria, says: »From this place (Hagendorf) in the summer of 1923 hand specimens were collected that in the space of a few square centimeters show fresh triplite and triphylite changing to heterosite and purpurite.» (It was shown (p. 140) that MÜLLBAUER's heterosite was actually sicklerite and his purpurite was heterosite, but this has no bearing on the present question). SELLNER also, in a paper dealing with the phosphate bearing pegmatites of Marienbad in Bohemia (30, p. 509) describes purpurite apparently derived from triplite.

I do not think it probable that triplite changes into purpurite or heterosite. In structure and composition triplite is not closely related to the primary minerals which are known to give rise to purpurite and heterosite. Triplite often occurs in close association with the alkali iron-manganese phosphates, especially lithiophilite and triphylite. In a number of specimens I have seen these minerals intimately intermixed. Triplite appears to be more resistant to alteration than lithiophilite and triphylite, as I have seen specimens in which the lithiophilite or triphylite was partly or wholly altered to sicklerite or heterosite or purpurite, whereas the triplite was still perfectly fresh, or at most had a thin coating of vivianite. Specimens in which triplite has occurred intergrown with lithiophilite or triphylite, which has since been completely altered to purpurite or heterosite, would easily suggest the false conclusion that the triplite has been the source of the purpurite or heterosite. I cannot but think that this has happened in some cases, and the source of purpurite or heterosite ascribed o the triplite by mistake. Derivation of heterosite or purpurite from riplite must be considered doubtful, to say the least.

Three minerals have been described which are probably identical with heterosite. These are pseudotriplite, melanchlor, and neopurpurite.

Pseudotriplite. This mineral was described over 100 years ago from the pegmatite at Hühnerkobel, near Rabenstein in Bavaria. In spite of the name, the original description by Fuchs in 1835 (31) clearly states that this mineral was derived from triphylite. Fuchs did not give the mineral its name; the first appearance of the name pseudotriplite is in the second (1845) edition of Blum's »Lehrbuch der Oryktognosie», where Fuchs's analysis was reprinted, together with a closely similar one by Delffs.

The original descriptions may be quoted. »The mineral (triphylite), whose occurrence I was not certain of earlier, occurs at Rabenstein in Bavarian Forest in the neighbouring pegmatite, in which is found rose-red quartz, beryl, tantalite, etc., and its accompanying minerals are felspar, mica, and quartz, with which it is intergrown and is sometimes intimately mixed. The supposed triplite which is found there is, I am perfectly certain, nothing else but altered triphylite, because I have seen many specimens which show a clear transition from one to the other. The altered triphylite contains no remaining trace of lithium, and the iron is at the maximum of oxidation.» (Fuchs, 31.)

Fuchs's analysis of this altered triphylite is reprinted in Table 5.

Blum, who first used the name pseudotriplite, described this mineral in an appendix to triplite, although Fuchs clearly stated that it is an alteration of triphylite, which Blum himself admits in his description, which runs:

»Pseudotriplite: Compact masses. Cleavage in three directions, of which one is quite good. Uneven fracture. H = 3.5. Brittle. G = 3.0—3.1. Opaque. Dull, sometimes lustrous. Blackish brown to brown and blue black. Streak yellow brown.

In front of the blowpipe it swells out a little, then melts to a grey black, shining, magnetic bead. It gives water on heating.

It is found in coarse grained granite, accompanied by beryl, tantalite and triphylite, at Rabenstein near Bodenmais in Bavaria; it is an alteration of triphylite (32, p. 537).

Delffs's analysis, which accompanied Blum's description, is reprinted in Table 5.

These descriptions of pseudotriplite as an alteration product of triphylite, still with the well marked cleavages of the parent mineral, suggest at once that pseudotriplite is sicklerite or heterosite, the only minerals known to form pseudomorphs after triphylite. The analyses, considering the time at which they were made, correspond fairly well with heterosite; they indicate a too high content of Fe_2O_3 and a too low content of P_2O_5, but this may well be due to admixture with Fe_2O_3. The properties of pseudotriplite also agree with those of heterosite, except for the specific gravity, which is a little low (3.0—3.1, against the modern value for heterosite of 3.2—3.5), and for the colour. The colour of pure heterosite is brilliant reddish purple; often, however, it is covered with a brownish black coating of oxides or basic phosphates, which is very tenacious and can only be removed by washing the specimen in dilute acid.

In the Riksmuseum in Stockholm there is a specimen labelled »Pseudotriplite from pegmatite near Zweisel». This locality is doubtless the Hühnerkobel pegmatite. Dr. ZENZÉN of the Riksmuseum informs me that, from the labels, this specimen was received by the museum in the forties of last century, and is therefore probably similar to specimens examined by FUCHS and BLUM. The specimen in the Riksmuseum is a pseudomorph of heterosite after triphylite, with small quantities of sicklerite also present. It is brownish black to black in colour, and only after washing in acid does the purple colour of heterosite appear.

There is no doubt in my mind that the mineral described as pseudotriplite is identical with heterosite. Pseudotriplite is a most deceptive name, as it instantly suggests a connection with triplite, and alteration products of triplite have been described under this name. Thus in a recent paper (33) we find: »Pseudotriplite: a comparison of the analysis by DELFFS (1894) with that of triplite indicates that pseudotriplite is an iron rich triplite and a member of that series.» The writer of this sentence has evidently been misled by the name to believe that pseudotriplite is an alteration of triplite, although DELFFS's analysis shows no fluorine, and it is definitely stated that pseudotriplite is an alteration of triphylite. Fortunately the name pseudotriplite can be struck out of mineralogical literature, as heterosite, described in 1825, antedates it by some years. It is therefore formally proposed that the mineral name pseudotriplite be discarded.

Melanchlor. This mineral was described by C. W. FUCHS in 1839 (34), from the pegmatite at Hühnerkobel near Rabenstein in Bavaria. From his description it appears that he was dealing not with an individual mineral, but with a mixture of alteration products of triphylite. Nevertheless the name melanchlor has persisted in the textbooks; it appears in DANA's »System» (1892 edition), in DOELTER

(35), who comments that it stands near to heterosite, and in HINTZE (36), who says »Melanchlor is probably only a decomposition product of triplite», in spite of the fact that melanchlor was described as associated with triphylite, and in spite of the fact that triplite has never been found in the Hühnerkobel pegmatite.

As melanchlor is an alteration product of triphylite, it may be discussed here. The original description of melanchlor is so vague that it is doubtful if this mineral could be recognised by anyone except the original author; his analysis of it was incomplete, and he himself says that the iron and phosphorus determinations varied considerably in different samples. LAUBMANN, who described the Hühnerkobel pegmatite in 1920 (22), is the only author who has critically reexamined the so-called melanchlor from this locality. He describes the so-called melanchlor as rather fresh compact pseudomorphs after triphylite; thin sections showed that the dominant part of the specimens was kraurite (dufrenite), a hydrated ferric phosphate of uncertain composition. Specimens in the Riksmuseum in Stockholm labelled »Melanchlor from Hühnerkobel» and probably received in the forties of last century, just after melanchlor was first described, show clearly the pseudomorphous form after triphylite. Examination showed that these specimens were a complex mixture; there was an outer coating, brown to black in colour, surrounding a core of heterosite with a little sicklerite.

All the evidence shows that melanchlor is not a definite mineral species, but a mixture of several separately known species, and the name melanchlor should therefore be discarded.

Neopurpurite. Neopurpurite was described in 1933 by MARIO DE JESUS from the pegmatites near Mangualde in Portugal (8). It was an alteration product of lithiophilite. The physical properties of neopurpurite are similar to the physical properties of heterosite and purpurite. MARIO DE JESUS, however, calculated the analysis of neopurpurite to give the formula $7R_2O_3 \cdot 5P_2O_5 \cdot 4H_2O$, which, on account of its difference from the simpler formula of purpurite, he regarded as indicating a new mineral. He gave this supposed new mineral the name neopurpurite.

Unfortunately MARIO DE JESUS made a mistake in calculating the formula of neopurpurite from the analysis. He added the content of univalent and bivalent oxides to the content of the trivalent oxides, without making any allowance for the difference in valency. He apparently overlooked the fact that whereas one molecule of R_2O_3 is equivalent to one molecule of P_2O_5, three molecules of RO are equivalent to one molecule of P_2O_5. When his analysis is recalculated the molecular ratio $R_2O_3 : P_2O_5$ is 1.216 : 1.000 if Mn_2O_3 and Fe_2O_3 alone are included in R_2O_3; if the univalent and bivalent oxides are included this ratio is 1.272 : 1.000. In view of the variation shown in this ratio by other analyses of heterosite and purpurite, the deviation in the analysis of neopurpurite can hardly be considered as good grounds for proposing a new mineral name, especially as the physical properties of neopurpurite are so similar to those of heterosite and purpurite. Nothing can be found in the original description that will enable neopurpurite to be distinguished from heterosite or purpurite. Until further evidence is given for the separate identity of neopurpurite, this mineral must be considered as belonging to the heterosite-purpurite group. As the amount of iron present in neopurpurite is greater than the amount of manganese, neopurpurite is classed as heterosite, although derived from lithiophilite by oxidation. The analysis of the Mangualde lithiophilite, however, shows almost 50 % of the $LiFePO_4$ molecule.

2. Alteration of triphylite and lithiophilite by hydration.

The alteration of triphylite and lithiophilite by hydration is a more complex subject to discuss than the alteration by oxidation, in that the number of different products is greater, and the conditions governing their formation are practically unknown. No fewer than six different minerals have been described as direct hydration products of triphylite or lithiophilite, and oxidation of these hydration products gives two minerals combining both hydration and oxidation.

The following minerals have been described as formed by the hydration of lithiophilite or triphylite: ($R = Fe,Mn$)

Hureaulite: $5RO \cdot 2P_2O_5 \cdot 5H_2O$
Palaite: $5RO \cdot 2P_2O_5 \cdot 4H_2O$
Pseudopalaite: $6RO \cdot 2P_2O_5 \cdot 5H_2O$
Reddingite: $3RO \cdot P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ($Mn > Fe$)
Phosphoferrite: $3RO \cdot P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ($Fe > Mn$)
Stewartite: $3RO \cdot P_2O_5 \cdot 4H_2O$(?)

The minerals dickinsonite and fillowite, dimorphous minerals with the same formula, $3R_3(PO_4)_2 \cdot H_2O$, and fairfieldite, $Ca_2Mn(PO_4)_2 \cdot 2H_2O$, have also been described as being secondary after lithiophilite, but their composition shows that they were formed by processes more complex than hydration, and they will not be further discussed here.

Of the simple hydration products there is little to be said concerning reddingite, phosphoferrite, and stewartite. Reddingite is known

Table 6.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
P_2O_5	39.02	36.27	37.83	38.20	37.96	38.36
Fe_2O_3	0.16	—	—	—	—	—
FeO	7.48	13.50	8.73	6.75	8.10	4.56
MnO	40.87	34.82	41.80	42.04	41.15	42.29
CaO	1.77	1.73	—	—	—	0.94
MgO	—	0.35	—	—	—	—
Li_2O	trace	—	—	—	—	—
Na_2O	—	0.43	—	—	—	—
$H_2O > 105°$	10.43	11.96	11.60	12.00	12.35	12.20
$H_2O < 105°$	—	0.55				
Insol.	0.89	0.06	0.30	0.50	0.35	1.76
	100.62	99.67	100.26	99.49	99.91	100.11

1. Palaite, Pala, California. Jour. Washington Acad. Sci., 2, p. 145, 1912.
2. Pseudopalaite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 151, 1933.
3. Hureaulite, La Vilate, France. Ann. Mines, 5, p. 5, 1854.
4. » La Vilate, France. Ann. Mines, 5, p. 5, 1854.
5. » La Vilate, France. Ann. Mines, 5, p. 5, 1854.
6. » Branchville, Connecticut. Am. Jour. Sci., 39, p. 210, 1890.

from a number of pegmatites in the northeast of the United States, and is often found replacing lithiophilite. Phosphoferrite has the same formula as reddingite, the two minerals being related in the same way as triphylite and lithiophilite. This feature is a result of their origin; phosphoferrite, known only from Hagendorf in Bavaria, occurs associated with triphylite, whereas reddingite occurs associated with lithiophilite.

Stewartite is known definitely only from Pala, California. It was described by SCHALLER in 1912 (20) as an alteration product of lithiophilite, and his description, together with some additional data, is given in the third Appendix (1915) to DANA's »System of Mineralogy». Sufficient material in a pure state for analysis could not be obtained, but SCHALLER suggested the formula $3MnO \cdot P_2O_5 \cdot 4H_2O$. SCHALLER comments further re stewartite: »Probably the same as the unknown mineral A described by LACROIX, Min. de la France, 4, p. 506, 1910.» A mineral described as »possibly stewartite» has been found in Namaqualand, South Africa (47).

Whereas reddingite, phosphoferrite, and stewartite appear to be distinct and self-standing minerals, I am not sure that the same is true regarding hureaulite, palaite, and pseudopalaite. A different formula has been ascribed to each, but Table 6 shows that the analyses upon which these formulas have been based deviate little from one another.

Regarding pseudopalaite little can be said. The original description (8) is the sole source of information and is deficient in that no

Table 7.

Comparison of physical and optical properties of palaite, hureaulite, and pseudopalaite.

	1.	2.	3.
System	Monoclinic?	Monoclinic	Monoclinic
Sp. Gr.	3.14—3.20	3.15—3.20	3.05
α	1.652	1.647	—
β	1.656	1.654	—
γ	1.660	1.660	—
2V	Nearly 90°	74°	—
Sign	—	—	—
Pleochroism	Non-pleochroic	Faintly pleochroic	—
Dispersion	Weak	Strong	—

1. Palaite, Pala, California. Appendix 3, Dana's »System of Mineralogy», p. 57, 1915.
2. Hureualite, Branchville, Connecticut. U. S. Geol. Surv. Bull., No. 679, pp. 88 and 259, 1921.
3. Pseudopalaite, Mangualde, Portugal. Com. Serv. Geol. Portugal, 19, p. 151, 1933.

exact optical data are given. The mineral was apparently named from the analysis, on account of the similarities and differences it showed in comparison with the analysis of palaite. No comparison was made with hureaulite, the author apparently being unaware of its existence. From the original description I can see no feature which would enable one to distinguish pseudopalaite from hureaulite. Unfortunately I have been unable to procure a specimen of pseudopalaite for examination, so must leave this mineral in the same state that it was left by the original author.

Palaite is known only from Pala, California. It was described by SCHALLER in 1912 (20), and this description, together with some additional data, is given in the third Appendix (1915) to DANA's »System of Mineralogy». The description is short but comprehensive. SCHALLER wrote that palaite results from the alteration of lithiophilite and alters into hureaulite. A comparison of the properties of palaite and hureaulite (Tables 6 and 7) reveals no vital differences. Such differences as there are may well be due to the slight difference in chemical composition, rather than to any difference in structure between the two minerals.

In this institute there are a number of specimens of iron-manganese phosphates from Pala. Powder photographs of many samples from these specimens were taken and compared. These powder photographs showed the presence of the following phases: lithiophilite; salmonsite, a mineral described by SCHALLER as an alteration product of hureaulite; an undescribed black phosphate, the product of the complete alteration of salmonsite; and one other phase, which from

SCHALLER's description might either be hureaulite or palaite. This fourth phase was remarkable for the different colours in which it occurred — colourless, white, yellow white, salmon pink, and red brown. All these different modifications gave identical powder photographs. Unfortunately I had no powder photograph of an authentic specimen of hureaulite with which to compare the powder photographs of the fourth phase described above. SCHALLER mentions that both hureaulite and palaite occur at Pala, so I am unable to decide whether my fourth phase was hureaulite or palaite or whether hureaulite and palaite are one and the same mineral. I strongly suspect that palaite and hureaulite are synonymic. An alteration product of lithiophilite from Eräjärvi (near Oriväsi) in Finland, agreeing with the description of hureaulite, gave a similar powder photograph to this fourth phase from Pala.

To sum up: Hureaulite, pseudopalaite, and palaite are very similar in chemical composition and in physical properties. From what is known of them at present it is not possible to distinguish them with certainty. Until it has been proved beyond doubt that palaite and pseudopalaite are independent minerals, I suggest it would be wise to apply the oldest name, hureaulite, to any mineral answering to the description.

Of the hydration products of lithiophilite and triphylite, two give rise to new minerals by oxidation and further hydration. One of these, salmonsite, $Fe_2O_3 \cdot 9MnO \cdot 4P_2O_5 \cdot 14H_2O$, was described from Pala by SCHALLER (20) as an alteration product of hureaulite. The other, landesite, $3Fe_2O_3 \cdot 20MnO \cdot 8P_2O_5 \cdot 27H_2O$ was described by BERMAN and GONYER from Poland, Maine (37), as an alteration product of reddingite. Salmonsite and landesite have one feature in common with sicklerite and alluaudite, i.e., all the iron is oxidized to the trivalent state, whereas all the manganese remains in the bivalent state.

Specimens of salmonsite in this institute show that this mineral alters further into a black lustrous iron-manganese phosphate. No detailed examination was made of this black phosphate. It is a hydrated mineral in which the manganese as well as the iron has been oxidized beyond the bivalent state.

Alteration products of natrophilite, varulite, and arrojadite.

Natrophilite, varulite, and arrojadite are closely related and their alteration products will be dealt with together. Varulite is the only one of these primary minerals for which clear evidence of the alteration process is available. In 1937 QUENSEL showed that varulite oxidises thus:

Varulite ⟶ Mn-alluaudite ⟶ Na-purpurite

Mn-alluaudite is a mineral analogous to Mn-sicklerite but with sodium replacing lithium. Na-pupurite is a mineral identical with the purpurite derived from lithiophilite, the prefix Na-indicating that it is derived from the sodium mineral varulite, not the lithium mineral lithiophilite.

Little is known of the alteration of arrojadite. Arrojadite is so closely related to varulite that one is justified in assuming that oxidation results in the formation first of a Fe-alluaudite and then of a Na-heterosite, just as triphylite oxidizes to Fe-sicklerite and then to heterosite. GUIMARAES's description of the arrojadite from Brazil mentions the presence of alteration products along lines of fracture in the mineral, without discussing the nature of these alteration products. HEADDEN does not mention any alteration products of the arrojadite from South Dakota, but ZIEGLER writes that heterosite is found as a coating on exposed surfaces of this mineral.

For our knowledge of the alteration of natrophilite we are dependent upon BRUSH and DANA's original description. As alteration products they describe an undetermined mineral with yellowish colour which is probably alluaudite, and also state that natrophilite seems to pass into hureaulite as readily as does lithiophilite.

The alteration products — alluaudite, Na-purpurite and Na-heterosite — will now be discussed in detail.

Alluaudite. Alluaudite is the sodium analogue of sicklerite, in the same way as natrophilite is the sodium analogue of lithiophilite. Sicklerite is a lithium iron-manganese phosphate in which all the iron is in the trivalent state, and all the manganese in the bivalent state. Similarly alluaudite is a sodium iron-manganese phosphate in which all the iron is trivalent, and all the manganese bivalent.

Alluaudite was described by DAMOUR in 1848 (38), from a pegmatite near Chanteloube in central France. It is a good example of a rare mineral, discovered long since, which, owing to lack of new information, has been overlooked, or whose individuality as a mineral species has been questioned. Till 1937 the original occurrence of alluaudite remained the only one known. In the sixth edition of DANA's »System» (1892) alluaudite was not given specific rank, but was classed under »alterations of triphylite and triplite». In 1910, LACROIX, in the »Mineralogie de la France», discussed alluaudite, and added a number of details to DAMOUR's original description. He pointed out that, on

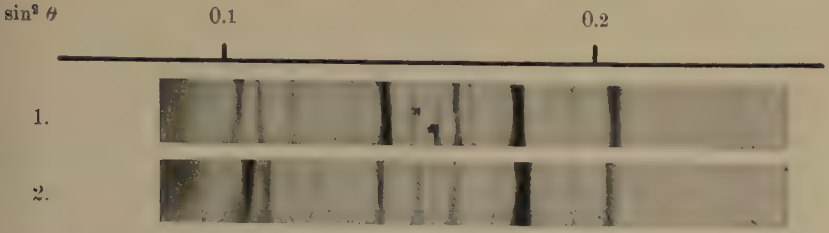

Figure 3. X-ray powder photographs of alluaudite and lemnäsite, illustrating the identity of the two minerals. Cr-K radiation.

1. Type alluaudite, Chanteloube, France.
2. Type lemnäsite, Lemnäs, Finland.

account of the sodium content, alluaudite could not be considered as an alteration product of triphylite or triplite, but was probably an alteration product of natrophilite. Lacroix's work seems to have been overlooked; Doelter (35) says of alluaudite »identity doubtful»; Hintze (36) dismisses it as »probably only a partly altered triplite». Ramdohr (9, p. 601) notes alluaudite as an obsolete name for altered triplite. Alluaudite is not mentioned in the fourth edition (1932) of Ford-Dana »Textbook of Mineralogy», nor in Larsen and Berman »The microscopic determination of the nonopaque minerals».

In the last five years, however, ample evidence has come forward to show the individuality and specific rank of alluaudite. In 1937 Quensel described a sodium iron-manganese phosphate from the Varuträsk pegmatite, which from the similarity of its general characters and field occurrence he identified with the alluaudite of Damour. In 1938 Björling and Westgren (39) confirmed by X-ray investigation that the alluaudite from Varuträsk was an individual mineral. Quensel in 1940 (16) gave a new analysis of the Varuträsk alluaudite and added further details. Mason in 1940 (40) gave a third locality for alluaudite — Sukula in Finland — and was able, by X-ray studies of material from the three known localities — Chanteloube, Varuträsk, and Sukula — to confirm that the alluaudite from the two new localities was structurally identical with the type alluaudite from Chanteloube. (A sample of Damour's type alluaudite had been obtained from the Musée National d'Histoire Naturelle in Paris, thanks to the courtesy of Professor Orcel.)

Synonymic with alluaudite is the mineral lemnäsite, described by Pehrman in 1939 (41) from the pegmatite at Lemnäs in the parish of Kimito in Finland. The analysis of lemnäsite is included with those of alluaudite in Table 8, and the similarity in chemical composition

Table 8.

	1.	2.	3.	4.	5.
P_2O_5	40.70	40.94	42.76	41.25	42.52
Fe_2O_3	19.83	12.76	16.44	25.62	20.56
Mn_2O_3	—	—	0.00	1.06	—
FeO	—	1.92	1.98	—	3.19
MnO	28.17	27.87	26.24	23.08	20.66
CaO	—	4.59	2.16	—	2.70
MgO	1.19	0.53	0.00	—	0.11
Na_2O	7.20	8.84	6.94	5.47	8.19
K_2O	—	0.42	0.13	—	0.00
Li_2O	—	0.02	0.28	—	0.07
$H_2O > 105°$	0.66	1.48	1.60	2.65	0.96
$H_2O < 105°$	0.24	0.13	0.88		0.17
Insol.	1.24	—	0.54	0.60	1.06
	100.03	100.58	99.95	99.73	100.19
	($F = 0.80$)	($Al_2O_3 = 1.08$)			

Molecular Ratios.

	1.	2.	3.	4.	5.
P_2O_5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Fe_2O_3	0.433	0.277	0.342	0.577	0.430
MnO	1.387	1.456	1.320	1.121	1.121
$(Na_2, Ca)O$	0.508	0.842	0.536	0.304	0.619

(Fe_2O_3 includes Mn_2O_3; MnO includes FeO; $(Na_2, Ca)O$ includes K_2O, Li_2O and MgO.)

	1.	2.	3.	4.	5.
P_2O_5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
RO	3.195	3.130	2.883	3.155	3.030

(RO = sum of basic oxides recalculated as bivalent.)

1. Alluaudite, Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 59, p. 92, 1937.
2. » (Lemnäsite), Lemnäs, Finland. Acta Acad. Aboensis, Math. et Physica, 12, No. 6, 1939.
3. » Varuträsk, Sweden. Geol. Fören. Förh., 62, p. 300, 1940.
4. » Chanteloube, France. Ann. Mines., 13, p. 347, 1848.
5. » Sukula, Finland. Geol. Fören. Förh., 62, p. 370, 1940.

can be seen. Professor PEHRMAN kindly sent this institute a piece of his type lemnäsite, for which I should like to express my grateful thanks. X-ray photographs of this type lemnäsite proved to be identical with powder photographs of alluaudite (Fig. 3). Alluaudite and lemnäsite are thus identical in structure. The physical properties and mode of occurrence of lemnäsite are also very similar to those of other occurrences of alluaudite. Since the name alluaudite has priority to the name lemnäsite, the name lemnäsite must be discarded. The pegmatite at Lemnäs therefore becomes a fourth locality for alluaudite.

Table 8 gives the previously published analyses of alluaudite.

The first attempt to give alluaudite a formula was made by QUENSEL in 1937. He calculated the two analyses available at that time thus: enough Na_2O was first deducted for $H_2O > 105°$ and F, reckoned as Na(OH,F), and the remaining alkalies, together with Fe_2O_3 (recalculated as bivalent) were added to the bivalent oxides. This method of calculation led to the formula

$$5R_3(PO_4)_2 \cdot 4Na(OH,F)^1$$

Pehrman calculated the formula of lemnäsite in a similar manner and proposed as a formula

$$3R_3(PO_4)_2 \cdot 2NaOH$$

Although this method leads to plausible formulas, the assumptions underlying the calculations can be criticised. The primary and most dubious assumption is that $H_2O > 105°$ is bound to sodium. There is no valid reason why this water should not be bound to any or all of the other bases present — Fe, Mn, or Ca (if present). It is just as probable that $H_2O > 105°$ exists in the form of $Fe(OH)_3$, $Mn(OH)_2$, or $Ca(OH)_2$ as that it exists as $Na(OH)$. (The content of F in the first analysis of alluaudite from Varuträsk appears, in the light of newer analyses, not to be due to alluaudite, but probably to the presence of apatite as impurity. As Quensel points out in a recent paper (16) the first analysis of alluaudite from Varuträsk shows certain abnormalities, and is probably not so reliable as later analyses. He decides, in the light of a new analysis, that the Na(OH) radical is not a necessary constituent of alluaudite and proposes the formula $(Na,Mn^{2+}, Fe^{3+})PO_4 . x(H,Na)_2O$ for this mineral.) In the discussion of heterosite and purpurite the rôle of $H_2O > 105°$ in these alteration products was discussed, and the conclusion was reached that it is probably not constitutional, but bound by forces of adsorption. If this conclusion is right, then the importance of $H_2O > 105°$ in calculations of the formula of alluaudite has been overestimated.

A sounder basis for the calculation of the formula of alluaudite is probably the P_2O_5 content. By comparison of analyses it will be seen that the P_2O_5 content remains practically constant throughout the oxidation series lithiophilite-triphylite → sicklerite → heterosite-purpurite and varulite → alluaudite → purpurite. The analyses of alluaudite have therefore been calculated on the basis of $P_2O_5 = 1$. The basic oxides are grouped under three heads: Fe_2O_3, plus Mn_2O_3 if present; MnO, plus FeO if present; and Na_2O, plus CaO and the small amounts of other univalent and bivalent oxides that are sometimes present. This grouping is the same as was followed in the calculation of the formula of varulite. The results are given in the second part of Table 8.

---

[1] This formula was erroneously written $5R_3(PO_4)_2 \cdot Na(OH,F)$ in the original publication (12, p 92).

Considerations of valency predict that the ratio $P_2O_5 : RO$ (RO = the sum of basic oxides calculated as bivalent) should be 1 : 3. For this calculation the molecular proportion of Fe_2O_3 must be multiplied by three. Table 8 shows that all the analyses agree with this condition. In no case is the deviation from the ideal ratio of 1 : 3 so great that it cannot be accounted for by experimental error of one sort or another. Therefore the formula of alluaudite may be written $(Na, Mn^{2+}, Fe^{3+}) PO_4$. This formula indicates that the essential bases in alluaudite are sodium, manganese, and iron, and that the manganese is present in the bivalent state and that the iron is present in the trivalent state. Calcium is not included in the formula, as it is not an essential element, but it is present when the alluaudite has been derived from varulite or arrojadite. The $H_2O > 105°$ is not included in the formula, although it is always present, at least in small amount. The content of $H_2O > 105°$ is, however, quite variable, and does not appear to be an essential feature of alluaudite.

The formula of alluaudite may also be considered from the relationship of alluaudite to its parent minerals, and to the products of its further oxidation. At Varuträsk it has been possible to establish that alluaudite is the product of oxidation of varulite. At Chanteloube the parent mineral of alluaudite is not known as yet. LACROIX discussed the question at length and came to the conclusion that the alluaudite was probably the alteration product of natrophilite. This conclusion is supported by the discovery that varulite, a calcium-bearing natrophilite, gives rise by oxidation to a calcium-bearing alluaudite.

Our knowledge of natrophilite is confined to the original description of BRUSH and DANA in 1890, no other localities for this mineral having been discovered. In their description of this mineral they write: »the surfaces (of the natrophilite) are often covered by a very thin scale of an undetermined mineral, having a fine fibrous form, a delicate yellowish color and silky lustre. This same mineral penetrates the masses wherever there is a fracture surface of cleavage or otherwise. What the exact nature of this mineral is we are unable to say, since the amount is too small to admit of a satisfactory determination — it appears to be a manganesian phosphate. It is evidently an alteration product and would seem to imply that natrophilite is rather subject to easy chemical change.» This description fits so perfectly with what is known of alluaudite, both physical properties and genetic relationships, that I cannot but believe that BRUSH and DANA, in the above quotation, were actually describing alluaudite.

The alteration of natrophilite into alluaudite, and of alluaudite into purpurite, can be formulated thus:

$$\underset{\text{natrophilite}}{Na_2O \cdot 2(Mn_{1-x}, Fe_x)O \cdot P_2O_5} \xrightarrow{xO} \underset{\text{alluaudite}}{(1-x)[Na_2O \cdot 2MnO \cdot P_2O_5] \cdot x[Fe_2O_3 \cdot P_2O_5] + xNa_2O}$$

$$\xrightarrow{(1-x)O} \underset{\text{purpurite}}{(Mn, Fe)_2O_3 \cdot P_2O_5 + (1-x)Na_2O}$$

This formulation suggests that the theoretical formula for alluaudite should be $(1-x)[Na_2O \cdot 2MnO \cdot P_2O_5] \cdot x[Fe_2O_3 \cdot P_2O_5]$. This theoretical formula agrees with the formula derived from consideration of the analyses in so far as the ratio of bases to P_2O_5 is 3 : 1 in both cases. However, the theoretical formula demands that the ratio $MnO : Na_2O$ in alluaudite should be 1 : 0.5 (in calcium-bearing alluaudites this ratio is $MnO : (Na_2,Ca)O$). Calculation of this ratio for each of the five analyses gives

	1.	2.	3.	4.	5.
MnO	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
$(Na_2, Ca)O$ . .	0.367	0.578	0.405	0.271	0.552

It can be seen that although the ratio varies considerably from analysis to analysis, the average approaches 1 : 0.5. In general the content of alkali is too low to satisfy the theoretical requirements.

Na-purpurite and Na-heterosite. In his 1937 paper on the iron-manganese phosphates from Varuträsk QUENSEL (12) showed that further oxidation of alluaudite would lead to the formation of heterosite or purpurite, according to the relative amounts of manganese and iron present. To distinguish the heterosite and purpurite formed by the oxidation of alluaudite from the heterosite and purpurite formed by the oxidation of sicklerite he suggested denoting them as Na-heterosite and Na-purpurite.

Na-purpurite was found at Varuträsk associated with alluaudite and evidently formed by its oxidation. BJÖRLING and WESTGREN (39) made an X-ray study of triphylite and varulite and their oxidation products. Concerning Na-purpurite they write: »Having theoretically deduced a mineral, which he called Na-purpurite, QUENSEL has now obtained specimens from Varuträsk that evidently consist of this substance and thus represent the end product formed by the complete oxidation of varulite or Mn-alluaudite. Their X-ray powder photographs resemble neither those of varulite or Mn-alluaudite, nor those of purpurite. They contain a very large number of lines, proving that the structure of Na-purpurite is exceedingly complicated. When the manganese of Mn-alluaudite is oxidized its atomic grouping, because of the largeness of the removed Na-atoms, evidently can last no longer but changes into a new one.» QUENSEL (42) later referred to this phenomenon of purpurite and Na-purpurite having different structures as an example of heterogenetic polymorphy.

During this investigation I took powder photographs of authentic Na-purpurite occurring together with the alluaudite from central France. These photographs were identical with powder photographs of heterosite and purpurite derived from triphylite and lithiophilite. Powder photographs of authentic Na-purpurite from Varuträsk were also identical with powder photographs of the ordinary heterosite and purpurite. In no case could I reproduce the results obtained by BJÖRLING and WESTGREN. Fortunately I was able to examine the original material and powder photographs used by BJÖRLING and WESTGREN, and was thus able to find the source of the discrepancy between their results and mine. Reexamination of their powder photographs suggested that their Na-purpurite had been a mixture of alluaudite and Na-purpurite. Their powder photographs consisted of the strong lines of both phases. Artificial mixtures of alluaudite and purpurite were then made which gave the same powder photographs as those ascribed to Na-purpurite by BJÖRLING and WESTGREN. The source of the error is readily understood when it is realized that in intimate mixtures of alluaudite and purpurite the intense purple colour of the purpurite will completely hide the presence of up to 50 % of alluaudite in the mixture.

The paragraph quoted above from BJÖRLING and WESTGREN's paper is thus erroneous and must be deleted, as also must the conclusions drawn by QUENSEL (42) from their results. Na-purpurite and Na-heterosite differ in no way other than origin from purpurite and heterosite. They can only be distinguished from the purpurite and heterosite derived from lithiophilite and triphylite when their parent mineral, alluaudite, is also present.

Alteration products of graftonite and mangualdite.

The alteration of graftonite and mangualdite is more difficult to discuss than the alteration of the other alkali iron-manganese phosphates, for two reasons. Firstly, in the other primary alkali iron-manganese phosphate minerals there is a definite ratio of one molecule of alkali to two molecules of (Mn,Fe)O: oxidation of the (Mn,Fe)O to $(Mn,Fe)_2O_3$ results in the total removal of the one molecule of alkali, as after oxidation the content of P_2O_5 is only sufficient to combine with the $(Mn,Fe)_2O_3$. In graftonite the molecular ratio of calcium to

Table 9.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
P_2O_5	41.20	40.80	39.65	31.60	32.50	31.94	34.86
Fe_2O_3	—	10.16	9.51	27.91	26.66	13.91	9.53
FeO	30.65	24.28	26.09	3.09	0.36	—	0.13
MnO	17.62	15.38	18.18	26.83	28.66	33.65	37.74
CaO	9.23	7.25	3.86	2.82	2.68	1.39	1.06
MgO	0.40	—	0.07	—	—	3.07	—
Na_2O	—	1.15	1.12	—	—	—	—
K_2O	—	0.14	0.81	—	—	—	—
$H_2O > 110°$ $H_2O < 110°$	0.75	1.17	—	9.16	9.12	13.60	15.30 0.43
Insol.	—	—	0.46(Al_2O_3)	—	0.62	0.13	1.40
	100.18	100.33	99.89	101.41	100.60	100.38	100.45
	($Li_2O = 0.33$)		($Cl = 0.14$)			($Mn_2O_3 = 2.69$)	

1. Graftonite, Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
2. » Grafton, New Hampshire. Am. Jour. Sci., 9, p. 23, 1900.
3. » Cyrillhof, Moravia. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, p. 337, 1900.
4. Unnamed mineral (altered graftonite), Cyrillhof, Moravia. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, p. 340, 1900.
5. Unnamed mineral (altered graftonite), Cyrillhof, Moravia. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, p. 339, 1900.
6. Landesite, Poland, Maine. Am. Mineral., 15, p. 384, 1930.
7. Salmonsite, Pala, California. Jour. Washington Acad. Sci., 2, p. 145, 1912.

(Mn,Fe)O is variable and less than 1 : 2; hence the oxidation cannot take such a simple course as in the other alkali iron-manganese phosphate minerals. Secondly, graftonite and mangualdite are very rare minerals, and practically nothing is known of their alteration.

Mangualdite corresponds approximately to the formula $CaO\cdot 2(Mn_{1-x}Fe_x)\cdot P_2O_5$. It might be predicted, therefore, that the course of oxidation in mangualdite, like that in triphylite, lithiophilite, and natrophilite, would be:

$$\underset{\text{mangualdite}}{CaO\cdot 2(Mn_{1-x}Fe_x)O\cdot P_2O_5} \xrightarrow{xO} (1-x)\,[CaO\cdot 2MnO\cdot P_2O_5]\cdot x\,[Fe_2O_3\cdot P_2O_5] + xCaO$$

$$\xrightarrow{(1-x)O} \underset{\text{purpurite}}{(Mn,Fe)_2O_3\cdot P_2O_5} + (1-x)CaO$$

Total oxidation of mangualdite along these lines would thus result in the formation of purpurite. The first stage of oxidation would result in the formation of a calcium iron-manganese phosphate in which all the iron is trivalent and all the manganese bivalent, analogous to sicklerite in the oxidation of lithiophilite and triphylite. This is quite speculative; nothing is known of alteration products of mangualdite.

Turning now to graftonite, we have a few mineral analyses which give us a limited picture of its alteration. These analyses are collected in Table 9. The unaltered graftonite from Grafton, analysed by Penfield, is also included in order to show the change in composition accompanying the alteration.

Graftonite is apparently more resistant to oxidation than triphylite, as in specimens in which the graftonite is interlaminated with triphylite the triphylite laminations are often more or less changed to heterosite, whereas the graftonite is unaffected. This is strikingly shown in specimens from North Groton, New Hampshire, and a specimen showing this feature very well is figured by BERMAN (2).

When the two analyses of graftonite from Grafton are compared. their similarity shows that one is the altered counterpart of the other. The P_2O_5 content and the Fe : Mn ratio are practically the same in both analyses. The differences lie in the partial oxidation of FeO to Fe_2O_3 and the reduction of the CaO content from 9.23 to 7.25 percent. This reduction in the CaO content with the oxidation of FeO is to be expected from analogy with lithiophilite and triphylite. The oxidation of the graftonite from Grafton has not been accompanied by any considerable amount of hydration, the amount of water present, 1.17 %, being small. This altered graftonite analysed by FORD is very similar in composition to the mineral from Cyrillhof in Moravia analysed by JOHN in 1900. Apart from the lower content of CaO and the slightly higher content of FeO and MnO, the analyses are practically identical. It may be noted that these analyses of altered graftonite show about the same amount of oxidation as do the analyses of varulite.

At Cyrillhof other phosphates have been found, which, from their mode of occurrence and their chemical composition, appear to be alteration products of the graftonite found there. I refer to the minerals represented by analyses 4 and 5 in Table 9. JOHN described the mineral of analysis 4 as having a glassy fracture and a resinous lustre, and being nearly black in colour; the mineral of analysis 5 was a little different in external appearance — it had a dark brown black colour, without the resinous lustre, and with a fracture more earthy than glassy (5). In chemical composition, however, the two are practically identical. The most noteworthy feature of these two alteration products is that the iron is oxidized almost completely to the trivalent state, whereas the bivalent manganese is still unaffected. The calcium content has decreased somewhat. Both analyses show a rather high content of water, 9.12 and 9.16 percent. If it were not for this high content of water these two analyses would represent the corresponding mineral in the oxidation of graftonite, to sicklerite in the oxidation of lithiophilite and triphylite. Analogous minerals among the alteration products of lithiophilite are, however, landesite and salmonsite;

he analyses of these minerals are included as analyses 6 and 7 in Table 9 to indicate the similarity. A cursory examination shows that in composition the phosphates from Cyrillhof are similar to landesite and almonsite; the differences are mainly in the ratios of Fe to Mn, and he water content. The paragenesis is different; the phosphates from Cyrillhof are apparently the alteration products of graftonite, whereas andesite is derived from reddingite, and salmonsite from hureaulite.

JOHN, who described these phosphates from Cyrillhof, refrained rom naming them; he thought they were probably mixtures of water containing phosphates for which no certain chemical formula could be given. His two analyses, however, show that the composition is elatively constant. He seems to have reached the conclusion that hey were mixtures on account of the lack of relationship between R_2O_3 and RO, not realizing that the ratio $R_2O_3 : RO$ depends on the completely variable ratio FeO : MnO in the primary mineral.

The similarity of the two analyses of the hydrated phosphates from Cyrillhof, together with the presence of iron almost completely in the rivalent state, with the manganese bivalent, indicates the possibility of their representing a self-standing mineral. Their analogy with the hydrated iron-manganese phosphates landesite and salmonsite cannot be denied. I must content myself with pointing out these analogies, without attempting to go further into the problem of defining the nature of these phosphates from Cyrillhof. That must wait until the original material of John is reinvestigated, or until more material of his type from Cyrillhof becomes available.

The oxidation of iron-manganese minerals in he light of the theory of oxidation-reduction potentials.

The most marked feature of the oxidation of the iron-manganese phosphates is that it is a two-stage process. The iron is completely oxidized from the bivalent to the trivalent state, before the bivalent manganese is affected. Not only that, but there also seems to be a definite halt in the oxidation process at a point where all the iron has been oxidized to the trivalent state, and all the manganese is still in he bivalent state. Hence the existence of such minerals as sicklerite, lluaudite, salmonsite, and landesite, all of which are characterised by trivalent iron and bivalent manganese. This feature raises the question: why should all the iron oxidize before the manganese, and why should there be a definite break in the oxidation process when all he iron has been oxidized?

This question may be answered by a consideration of the physico-chemical theory of oxidation-reduction processes. The direction and intensity of an oxidation-reduction process depend upon the oxidation-reduction potentials of the different reactions involved in the process. The oxidation-reduction potential of a reaction is a relative figure, referred to that of a standard reaction to which is arbitrarily assigned zero reducing and zero oxidizing power. The standard reaction is that of the system hydrogen gas at one atmosphere pressure in contact with hydrogen ions at unit concentration (or, more correctly, unit activity, activity being a function of concentration). The standard reaction can be represented thus:

$$H_2 \rightleftarrows 2H^+$$

The intensity and direction of any reaction involving oxidation and reduction may be compared to the intensity and direction of the standard reaction by a figure, which is the oxidation-reduction potential of that reaction. Thus a table may be drawn up, comparing the intensity and direction of different oxidation-reduction reactions. In this table, a positive value of an oxidation-reduction potential means that the system involved is a better oxidizing system than the standard system. A negative value of the oxidation-reduction potential means that the system involved is a poorer oxidizing system (a better reducing system) than the standard system. The following list gives a few of the many possible oxidation-reduction systems, arranged in order of their oxidation-reduction potentials:[1]

Reduced form	Oxidized form	Potential (in volts)
Zn	Zn^{2+}	—0.76
Fe	Fe^{2+}	—0.44
Sn	Sn^{2+}	—0.14
Pb	Pb^{2+}	—0.13
Ti^{3+}	Ti^{4+}	—0.04
H_2	$2H^+$	0.00
Sn^{2+}	Sn^{4+}	0.2
Cu	Cu^{2+}	0.34
Fe^{2+}	Fe^{3+}	0.76
2Hg	Hg_2^{2+}	0.80
Ag	Ag^{2+}	0.81
Ce^{3+}	Ce^{4+}	1.45
Au	Au^+	1.5
Co^{2+}	Co^{3+}	1.79

---

[1] Most of these figures are taken from LANDOLT-BÖRNSTEIN, »Physikalisch-Chemische Tabellen», Aufl. 5 (1931), vol. 2, part. 2, pp. 941—942, where the oxidation-reduction potentials of many other reactions are listed.

Any one of these systems is an oxidizer in regard to those systems above it in the list, and a reducer in regard to those systems below it n the list. The reduced form of any pair in the list will reduce the oxidized form of any pair which is below it, provided that the substances involved are at unit concentration. For example, any positive ion s reduced to the metallic form by taking up electrons from a metal which is higher in the list. Thus, when the solutions are at unit concentration, iron reduces copper ions to copper, stannous ions reduce ferric ions to ferrous ions, ceric ions to cerous ions, and so forth. The extent of the reduction can be calculated quantitatively.

The oxidation of the iron-manganese phosphates involves two separate reactions:

$$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (1)$$

$$Mn^{2+} \longrightarrow Mn^{3+} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

The oxidation-reduction potential of the first reaction is 0.76; the oxidation-reduction potential of the second reaction has not been measured, but the chemical properties of manganous and manganic ons indicate that it considerably higher, probably above 1. On account of the lower potential of the first reaction it is not possible for manganic ons to exist in the presence of ferrous ions, for then the ferrous ions would inevitably reduce the manganic ions to manganous ions, and themselves be oxidized to ferric ions. Therefore, since manganic ions cannot exist in the presence of ferrous ions, it follows that in an iron-manganese compound, all the iron must be oxidized to the ferric state, before it is possible for the manganese to be oxidized to the manganic state. A further conclusion may be reached: the intensity of the oxidation process may be sufficient only to cause reaction 1 to proceed rom left to right without being great enough to cause reaction 2 to proceed from left to right. Under such conditions the oxidation of ithiophilite, for example, could only proceed as far as sicklerite. Purpurite could not be formed from the sicklerite because the intensity of the oxidation process would not be sufficient to convert manganous ons into manganic ions. In nature, however, the intensity of the oxidation process seems in most places to have been sufficient to oxidize the manganese as well as the iron.

The concept of oxidation-reduction potentials is capable of wide application in the study of the paragenesis of minerals. The same element may occur in different stages of oxidation in the earth's crust, and the conditions of stability of these different stages of oxidation are governed by oxidation-reduction potentials. Iron is the commonest element which occurs in different states of oxidation. By consideration of a table of oxidation-reduction potentials it is possible to draw up tables giving the ions which can or cannot exist in the presence of either ferrous or ferric ions. The list of oxidation-reduction potentials given in this paper also provides a ready explanation of the occurrence or non-occurrence of a metal in the native form. Zinc, at the top of the above list, is not found native (many other elements — Mn, Ca, Mg, Li, Na, K, Be, and others — have higher negative potentials than zinc, and are also not found native.) Iron, tin, lead, further down on the list, occur native but rarely, and under rather special conditions. Copper, silver, mercury, still further down on the list, are often found in the native state; and gold, except for a few tellurides, occurs entirely as native metal, on account of its high positive potential. These few examples give some indication of the value of oxidation-reduction potentials in a study of mineral paragenesis.

Summary.

The primary iron-manganese phosphate minerals triphylite, lithiophilite, natrophilite, graftonite, mangualdite, arrojadite, and varulite, and the minerals formed by their alteration, have been studied. Complete tables of analyses (including some previously unpublished analyses) are given for most of these minerals, and the formulas of some of them are altered. The following formulas are suggested: varulite and arrojadite, $(Na_2, Ca)O \cdot 2(Mn, Fe)O \cdot P_2O_5$; sicklerite, $(Li, Mn^{2+}, Fe^{3+})PO_4$; alluaudite, $(Na, Mn^{2+}, Fe^{3+})PO_4$; heterosite and purpurite, $(Fe^{3+}, Mn^{3+})PO_4$. Figure 4 is a paragenetic table showing the derivation of the secondary minerals from the primary minerals. Graftonite and mangualdite are not included in this table, as very little is known of their alteration products.

This survey has shown that the following names are synonymic and must be rejected: soda-triphylite and headdenite (synonymous with arrojadite); lemnäsite (synonymous with alluaudite); pseudoheterosite (synonymous with sicklerite); neopurpurite, pseudotriplite, and melanchlor (synonymous with heterosite). Palaite and pseudopalaite are probably synonymous with hureaulite. Strunz has recently shown that repossite is synonymous with graftonite.

A number of new localities are recorded for different minerals of this group; Tintic as a locality for sicklerite is shown to be an error. This information is included in Table 10. This table is an attempt to summarise the available information concerning the distribution of the minerals discussed in this paper. The minerals from some localities have been dealt with in more than one paper. For such localities the

Table 10.

The distribution of the iron-manganese phosphate minerals. Localities for triplite and triploidite are given only if other of the listed minerals occur at the same locality.

	Graftonite, Mangualdite	Lithiophilite	Triphylite	Natrophilite	Varulite, Arrojadite	Sicklerite	Alluaudite	Heterosite, Purpurite	Hureaulite (Palaite, Pseudopalaite)	Reddingite, Phosphoferrite	Stewartite	Salmonsite	Landesite	Dickinsonite, Fillowite	Fairfieldite	Triplite	Triploidite	References
E. Manitoba . . .		×	×					×										45
ıtral Maine	×	×	×							×					×			43, 3
and, Maine		×								×			×	×	×			37
wry, Maine			×					×		×								49
u, Maine			+			+		+										
neham, Maine . .			×			+		+								×		51
rway, Maine . . .		×																52
ter Strafford, N. H.	×		×			×		×							×			4
chester, N. H. . .			+			+		+										
rth Groton, N. H. .	×		×			+		×										2
fton, N. H. . . .	×		×															1
rwich, Mass. . . .			×					×										25
ınchville, Conn. . .		×		×		+	?	×	×	×				×	×	×	×	11, 29
ldletown, Conn. . .		×	×					×	×					×		×		63, 44
ıgs Mountain, N. C.		×						×										48
ck Hills, S. Dak. .		×	×		×			×								×		19
a, Calif.		×				×		×	×		×	×				×		20
ra Branca, Brazil .					×													14
ivia			×													×		54
rdoba, Argentina .								×								×		55
ruträsk, Sweden . .		×	×		×	×	×	×								+		12
rumpetorp, Sweden.					×											×	×	13
nmela, Finland . .			×			+	×	×								×		50, 40
ıjärvi, Finland . .		+				+		+	+							+		
nnäs, Finland . .							+									×		41
varia			×			+		×		×					×	×	×	22, 21
ıemia			×					×								×		30, 58
ravia																×	×	5
helsdorf, Silesia .									×									56
ıtral France . . .			×			+	×	×	×		?					×		23
ss Alps	×							×										59
iasca, Italy . . .	×																	6
ıgualde, Portugal .	×	×						×	×							×		8
maqualand, South Africa		×						?	?		?							47
th-West Africa . .								×								×		12, 53
stern Australia . .		×	×			+		×										46, 62
iowie Range, I. S. W.			?			?		×										57

= previously recorded
= recorded for the first time in this paper.

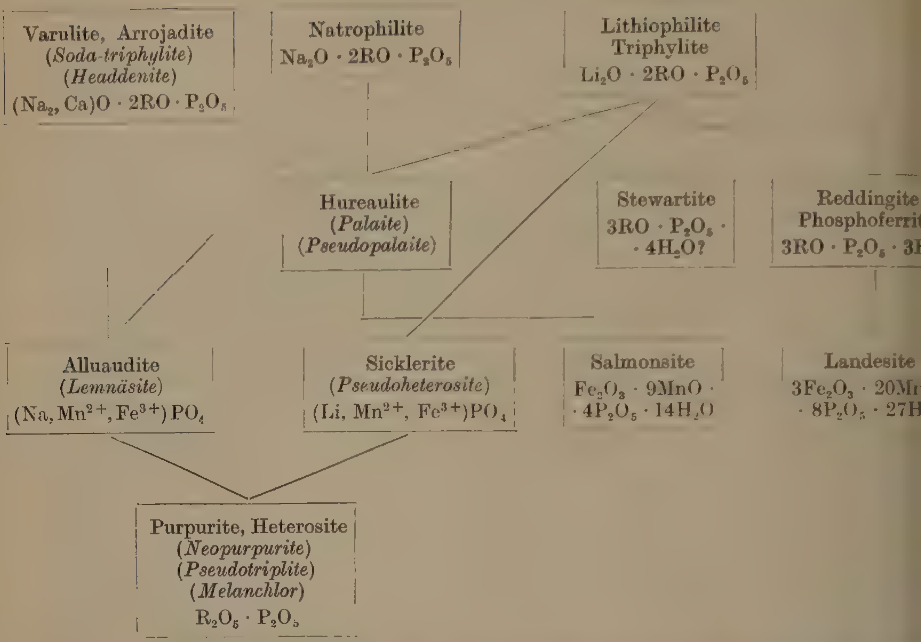

Figure 4. Paragenetic table showing the derivation of the secondary iron-manganese phosphate minerals from the primary minerals varulite, arrojadite, natrophilite, lithiophilite, and triphylite. Names in italics are synonymic. (R = Fe, Mn)

reference given is to the paper containing the most information. This list of localities may be looked upon as a list of pegmatites which contain a phosphate phase, as all these minerals are pegmatitic.

The oxidation of the iron-manganese phosphate minerals is shown to be governed by the ferrous-ferric and manganous-manganic oxidation-reduction potentials. The oxidation-reduction potential of the reaction $Fe^{2+} \rightleftarrows Fe^{3+}$ is much lower than the oxidation-reduction potential of the reaction $Mn^{2+} \rightleftarrows Mn^{3+}$; hence when a mineral containing both bivalent iron and manganese is oxidized, the iron is completely converted into the trivalent state before the bivalent manganese is affected. Minerals are thus obtained containing bivalent manganese and trivalent iron. The further application of the theory of oxidation-reduction potentials to the study of mineral paragenesis is suggested.

Acknowledgements.

In the preparation of this paper I have been fortunate in having access to the large amount of published and unpublished analytical data which has resulted from investigations of the iron-manganese phosphate minerals during the development of the Varuträsk pegmatite by the Boliden Mining Company. These analyses have been made by Miss THELMA BERGGREN, and the extent of her contribution to our knowledge of these minerals may be judged by the fact that of the 75 analyses published in this paper, no less than 18, or nearly one-quarter, are her work. I should like to pay a tribute to Miss BERGGREN's analytical skill, and also thank her for the interest she has shown in the preparation of this paper.

I am indebted to Professor A. WESTGREN, and to the staff of the Dept. of Physical Chemistry, for their instruction and assistance in preparing and interpreting the large number of X-ray photographs taken during the course of the investigation. I am under special obligation to Professor WESTGREN for valuable discussions on the physico-chemical aspects of the problems met with.

A special expression of gratitude is due to Professor P. QUENSEL, who introduced me to the many problems in connection with the iron-manganese phosphate minerals. It is a pleasure to record my thanks to him for all the aid and encouragement he has given me during the course of the investigation, and for his advice and suggestions as to the presentation of the results obtained.

My thanks are due also to Miss ANNE-MARIE SJÖGREN, museum assistant to the Mineralogical Dept., for her large amount of secretarial work in the preparation of the manuscript. Not only that, but she has also checked the large number of analyses and references against the originals.

This research was carried out while I was a Post-Graduate Research Fellow from the University of New Zealand.

Mineralogical Dept., University of Stockholm, January 1941.

List of References.

References not seen by the writer have been marked with an asterisk.

1 Penfield, S. L. On Graftonite, a new Mineral from Grafton, New Hampshire, and its Intergrowth with Triphylite. Am. Jour. Sci., vol. 9. pp. 20—32, 1900.
2. Berman, H. Graftonite from a new locality in New Hampshire. Am. Mineral., vol. 12, pp. 170—172, 1927.
3. Glass, J. J., and Fahey, J. J. Graftonite from Greenwood, Maine. Am. Mineral., vol. 22, pp. 1035—1039, 1937.
4. Switzer, G. The paragenesis of the Center Strafford, New Hampshire, pegmatite. Am. Mineral., vol. 23, pp. 811—820, 1938.
5. John, C. v. Über einige neue Mineralvorkommen aus Mähren. Verh. K. K. Geol. Reichsanstalt, pp. 335—341, 1900.
6. Grill, E. Su un fosfato di ferro e di manganese delle pegmatiti di Olgiasca. Periodico Mineralogia Roma, vol. 6, pp. 19—23, 1935.
7. Strunz, H. Pulverdiagramme von Amblygonit, Fremontit, Graftonit, Repossit und Karyinit. Zentr. Min. etc., Abt. A., pp. 248—251, 1939.
8. de Jesus, A. M. Pegmatites mangano-litiniferas da regiao de Mangualde. Com. Serv. Geol. Portugal, vol. 19, pp. 65—210, 1933.
9. Ramdohr, P. Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. Stuttgart, 1936.
10. English, G. L. Descriptive list of the new minerals 1892—1938. New York and London, 1939.
11. Brush, G. J., and Dana, E. S. On the Mineral Locality at Branchville, Connecticut: Fifth Paper. Am. Jour. Sci., vol. 39, pp. 201—216, 1890.
12. Quensel, P. Minerals of the Varuträsk Pegmatite. 1. The Lithium-Manganese Phosphates. Geol. Fören. Förh., vol. 59, pp. 77—96, 1937.
13. Mason, B. Triploidite and Varulite from the pegmatite at Skrumpetorp in Sweden. Geol. Fören. Förh., vol. 62, pp. 373—379, 1940.
*14. Guimaraes, D. Arrojadita, um novo mineral do grupo da wagnerita. Publicacao da Inspectoria de Obras Contras as Seccas, Rio de Janeiro. No. 58. 11 pp. 1925. Abstracts in Min. Abstr., vol. 3, p. 113, 1926; Am. Mineral., vol. 12, p. 355, 1927; and Hintze, C., Handbuch der Mineralogie, Ergänzungsband, p. 41, 1938.
15. Headden, W. P. A new Phosphate from the Black Hills of South Dakota. Am. Jour. Sci., vol. 41, pp. 415—417, 1891.
16. Quensel, P. Minerals of the Varuträsk Pegmatite. 17. Further comments on the minerals Varulite and Alluaudite. Geol. Fören. Förh., vol. 62, pp. 297—302, 1940.
17. Goldschmidt, V. M. Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente. 7. Die Gesetze der Krystallochemie. Norske Vid. Selsk. Skr. Oslo, Math.-Naturw. Kl., pp. 1—117, 1926.
18. Pauling, L. The Sizes of Ions and the Structure of Ionic Crystals. Jour. Am. Chem. Soc., vol. 49, pp. 765—790, 1927.
19. Ziegler, V. The Minerals of the Black Hills. South Dakota School of Mines, Bull. 10, 1914.
20. Schaller, W. T. New manganese phosphates from the gem tourmaline field of Southern California. Jour. Washington Acad. Sci., vol. 2, pp. 143—145, 1912.
21. Müllbauer, F. Die Phosphatpegmatite von Hagendorf in Bayern (Neue Beobachtungen). Zeitschr. Krist., vol. 61, pp. 318—336, 1925.
22. Laubmann, H., and Steinmetz, H. Phosphatführende Pegmatite des Oberpfälzer und Bayerischen Waldes. Zeitschr. Kryst., vol. 55, pp. 523—586, 1920.
23. Lacroix, A. Minéralogie de la France, vol. 4, part 2. Paris, 1910.
24. Vauquelin, L. N. Analyse de l'Hétépozite, minéral envoyé, sous cette dénomination, par M. Alluau aîné, du département de la Haute-Vienne (1). Annales Chim. Phys. vol. 30, pp. 294—302, 1825.
25. Mallet, J. W. On the Phosphate of Iron and Manganese from Norwich, Mass. Am. Jour. Sci., vol. 18, pp. 33—34, 1854.
26. Brush, G. J., and Dana, E. S. On the Mineral Locality in Fairfield County, Connecticut, with the description of two additional new species. Second paper. Am. Jour. Sci., vol. 17, pp. 359—368, 1879.

27. Graton, L. C., and Schaller, W. T. Purpurite, a new Mineral. Am. Jour. Sci., vol. 20, pp. 146—151, 1905.

28. Schaller, W. T. Mineralogical Notes. Am. Jour. Sci., vol. 24, pp. 152—158, 1907.

29. Schaller, W. T. Mineralogical Notes – Series 1. U. S. Geol. Surv. Bull. 490, 1911.

30. Sellner, F. Die Pegmatite der Umgebung von Marienbad. Zeitschr. Krist., vol. 59, pp. 504—512, 1924.

31. Fuchs, J. N. Vermischte Notizen. Jour. prakt. Chem., vol. 5, pp. 315—324, 1835.

32. Blum, J. R. Lehrbuch der Oryktognosie, Aufl. 2. Stuttgart, 1845.

33. Richmond, W. E. Crystal chemistry of the phosphates, arsenates, and vanadates of the type $A_2XO_4(Z)$. Am. Mineral., vol. 25, pp. 441—479, 1940.

34. Fuchs, C. W. Über ein einfaches Verfahren, den Eisengehalt der Eisenerze so wie anderer eisenhaltiger Körper zu bestimmen und das Verhältniss von Eisenoxyd und Eisenoxydul darin auszumitteln; nebst Bemerkungen über ein Eisenphosphat von Rabenstein bei Bodenmais. Jour. prakt. Chem., vol. 17, pp. 160—173, 1839.

35. Doelter, C. Handbuch der Mineralchemie, vol. 3, part 1. Dresden and Leipzig, 1918.

36. Hintze, C. Handbuch der Mineralogie, vol. 1, part 4. Berlin and Leipzig, 1933.

37. Berman, H., and Gonyer, F. A. Pegmatite minerals of Poland, Maine. Am. Mineral., vol. 15, pp. 374—387, 1930.

38. Damour, A. Sur un nouveau phosphate de fer de manganése et de soude, l'Alluaudité, trouvé dans le département de Haute-Vienne. Annales des Mines, vol. 13, pp. 341—350, 1848.

39. Björling, C. A., and Westgren, A. Minerals of the Varuträsk Pegmatite. 9. X-ray Studies on Triphylite, Varulite, and their Oxidation Products. Geol. Fören. Förh., vol. 60, pp. 67—72, 1938.

40. Mason, B. Alluaudite from the pegmatites at Sukula near Tammela in Finland. Geol. Fören. Förh., vol. 62, pp. 369—372, 1940.

41. Pehrman, G. Über Phosphate aus dem Pegmatite von Lemnäs (Kimito, S. W Finland). Acta Acad. Aboensis, Math. et Physica, vol. 12, no. 6, pp. 1—23, 1939.

42. Quensel, P. Ett exempel på heterogenetisk polymorfi. Geol. Fören. Förh., vol. 60, pp. 676—677, 1938.

43. Landes, K. K. The paragenesis of the granite pegmatites of central Maine. Am. Mineral., vol. 10, pp. 355—411, 1925.

44. Schairer, J. F. Lithiophilite and other rare phosphates from Portland, Connecticut. Am. Mineral., vol. 11, pp. 101—104, 1926.

45. Wright, J. F. Geology and Mineral Deposits of a Part of Southeastern Manitoba. Geol. Surv. Canada Mem. 169, 1932.

46. Simpson, E. S. Famous mineral localities: Wodgina, northwest Australia. Am. Mineral., vol. 13, pp. 457—468, 1928.

47. Gevers, T. W., Partridge, F. C., and Joubert, G. K. The Pegmatite Area South of the Orange River in Namaqualand. Union of South Africa Geol. Surv. Mem. 31, 1937.

48. Graton, L. C. Reconnaissance of some gold and tin deposits of the southern Appalachians. U. S. Geol. Surv. Bull. 293, 1906.

49. Fraser, H. J. Paragenesis of the Newry pegmatite, Maine. Am. Mineral., vol 15, pp. 349—364, 1930.

50. Mäkinen, E. Die Granitpegmatite von Tammela in Finnland und ihre Minerale. Bull. Comm. Géol. Finlande, No. 35, 1913.

51. Kunz, G. F. Topaz and associated Minerals at Stoneham, Maine. Am. Jour. Sci., vol. 27, pp. 212—216, 1884.

52. Penfield, S. L. Analyses of two varieties of Lithiophilite (Manganese Triphilite). Am. Jour. Sci., vol. 26, p. 176, 1883.

53. Reuning, E. Pegmatite und Pegmatitmineralien in Südwestafrika. Zeitschr. Krist., vol. 58, pp. 448—459, 1923.

54. Ahlfeld, F., and Reyes, J. M. Mineralogie von Bolivien. Berlin ,1938.

55. Stelzner, A. Mineralogische Beobachtungen im Gebiete der argentinischen Republik. Tschermaks Min. Mitt., pp. 219—254, 1873.

56. Websky, M. Über Sarkopsid und Kochelit, zwei neue Minerale aus Schlesien. Zeitschr. Deutsch. geol. Gesellschaft, vol. 20, pp. 245—257, 1868.

57. Hodge-Smith, T. Mineralogical Notes, no. 5. Rec. Australian Mus. vol. 19, pp. 165—176, 1934.
*58. Kratochvil, J. Doplnky k topograficke mineralogii Cech za r. 1930—1931. Casopis Narodniho Musea, Praha, vol. 106, pp. 144—150, 1932. Abstract in Min. Abstr., vol. 5, p. 271, 1933.
59. Parker, R. L., de Quervain, F., and Weber, F. Über einige neue und seltene Mineralien der Schweizeralpen. Schweizerische Min. Pet. Mitt., vol. 19, pp. 293—306, 1939.
60. Craw, W. J. Chemical examination of a Phosphate of Iron, Manganese, and Lithia, from Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., vol. 11, pp. 99—100, 1851.
61. Dana, J. D. On the Physical and Crystallographic characters of the Phosphate of Iron, Manganese, and Lithia, of Norwich, Massachusetts. Am. Jour. Sci., vol. 11, pp. 100—101, 1851.
*62. Simpson, E. S. Annual report of the chemical branch of the mines department of Western Australia for the year 1937. Perth, 1938.
63. Foye, W. G. Mineral localities in the vicinity of Middletown, Connecticut. Am. Mineral., vol. 7, pp. 4—12, 1922.

Addendum.

In this paper I have referred at length to the minerals mangualdite, neopurpurite, and pseudopalaite, described from the lithium pegmatites in the neighbourhood of Mangualde in Portugal. I was unable to discuss them as fully as was desirable, as I had no specimens. On April 1, when this paper was already in print, I received samples of these minerals from Professor de Jesus, who described them. I had written to ask for specimens in November 1940, but war-time disorganisation delayed their receipt. I should like to express my thanks to Professor de Jesus for his courtesy in sending me these rare minerals, thus enabling me to add the following note, thereby making this paper more complete than it would otherwise have been.

Mangualdite: X-ray and optical investigations show that mangualdite is quite distinct from graftonite. These investigations indicate that the fluorine content in mangualdite (1.05 %), previously neglected in calculating a formula, is an essential constituent in this mineral. On account of this essential fluorine content mangualdite should not be included in the group of minerals described in this paper, and the speculations in regard to mangualdite on pp. 123—124 and p. 163 are therefore invalid. The preliminary investigations so far carried out indicate that mangualdite has the structure of a mangan-apatite, and should therefore be classed with the apatite group of minerals. I hope to carry out further, more detailed investigations on mangualdite, and to publish the results in a future paper.

Neopurpurite: X-ray powder photographs of neopurpurite are identical with powder photographs of heterosite from Varuträsk and Southwest Africa, thus confirming the synonymity of the mineral names neopurpurite and heterosite. The name neopurpurite must be rejected.

Pseudopalaite: On p. 168 I expressed the opinion that palaite and pseudopalaite were probably synonymous with hureaulite. This opinion is confirmed in so far that X-ray powder photographs of pseudopalaite are identical with powder photographs of palaite from Pala, obtained from the United States National Museum. Schaller (20) does not discuss the relationship between hureaulite and palaite, beyond stating that palaite alters into hureaulite. Unfortunately I have had no specimens of the type hureaulite from central France with which to compare palaite and pseudopalaite. The chemical composition and physical properties of hureaulite, palaite, and pseudopalaite, given on pp. 153—154, are closely similar, and do not justify a division into three different mineral species. In my own mind I am convinced that these three minerals are identical one with the other, and should all be included under the name hureaulite.

Mineralogical Dept., University of Stockholm, April 10, 1941.

Minerals of the Varuträsk Pegmatite.

XXIV. A new find of Manganotantalite.

By

PERCY QUENSEL.

With analysis by THELMA BERGGREN.

(M. S. received March 21st, 1941.)

In publication No XI of this series by P. QUENSEL and TH. BERGGREN, dealing with the minerals of the niobate—tantalate group, a description was given of the new species stibiomicrolite. The material then at our disposal was restricted to two small specimens. New and rich finds of this mineral in 1939—1940 led to a renewed chemical study, recently published by THELMA BERGGREN as No XXII of the series »Minerals of the Varuträsk Pegmatite». The description of manganotantalite in our same publication was also hardly satisfactory or conclusive, as only a single analysis of material, collected by O. BÆCKSTRÖM at an early date of mining operations (1935), was at our disposal, but no specimen of the mineral was at hand. It seems as if only one single specimen had been found, and that all material had been used for chemical work. We could therefore only reproduce the analysis without any further comments as to the occurrence or aspect of the mineral in general. In 1940 a new specimen of this, at Varuträsk evidently very rare, mineral was found. As its mode of occurrence now could be observed and as its chemical composition shows features of interest, a further description of the mineral may be appropriate.

In the eastern quarry of the pegmatite the workmen were in August 1940 engaged in breaking up large masses of spodumene, which had been mined during the past year. When breaking up one such block, consisting of spodumene in normal development, and as usual richly intermingled with quartz, a single specimen of a mineral was found, which in its general appearance in several respects seemed to differ from similar minerals at Varuträsk. It was subsequently found to be a manganotantalite with the exceptionally low content of 0.20 % FeO.

The manganotantalite occurred in the form of a nodule, about $3^1/_2 \times 2$ cm, in a specimen of spodumene with quartz and on one side some albite.

Only vague crystallographic outlines are to be seen, distinct cleavages after (100) and less perfect after (010) are, however, observable. Indications of an angle of about 51° against (100) may indicate (111), otherwise no faces are developed. The mineral has a brillant submetallic luster, its colour is brownish black, in thinnest edges reddish brown and then translucent. The streak is yellowish, exceptionally light for the species.

In thin section the mineral is of a mustard-yellow colour. In one section a well developed twin after e (021), in Dana's orientation, was observed.

The new analysis on very pure material is given below under II. No I is the earlier analysis on material of 1935. No III is a closely related analysis of manganotantalite from Branchville.

	I.	II.	Mol. prop.		III.
FeO	9.81	0.20	0.0028	2277	0.43
MnO	10.79	15.95	0.2249		15.58
CaO	0.00	0.00			0.37
MgO	0.00	0.31	0.0077		—
Na_2O	—	0.24	0.0059		—
K_2O	—	trace			—
SiO_2	1.14	—			—
SnO_2	0.00	0.19	0.0013	2276	—
TiO_2	0.73	0.12	0.0015		—
Nb_2O_5	3.00	25.68	0.0962		30.16
Ta_2O_5	74.00	56.86	0.1286		52.29
$H_2O^{+105^\circ}$	—	0.17	0.0094		—
$H_2O^{-105^\circ}$	—	0.21			—
	99.47	99.93			98.83
Sp gr.		6.349			6.59

I. Manganotantalite, Varuträsk. Th. Berggren anal. 1938.
II. Manganotantalite, Varuträsk. Th. Berggren anal. 1940.
III. Tantalite, Branchville. Am. Journ. of Sc. 19, 1880, p. 131.

Leaving out of consideration the small contents of MgO and Na_2O, the analysis shows a singularly good coincidence in respect to the molecular proportions. The ratio for MnO, 0.2249, corresponds almost exactly to the combined ratios for Ta_2O_5 and Nb_2O_5, 0.2248. The ratio for MnO and FeO, 0.2277 is also equivalent to the combined ratio of Ta_2O, Nb_2O, TiO_2 and SnO_2, 0.2276, as shown below.

	Mol. prop.			Mol. prop.
Nb_2O_5	0.0962	0.2248	MnO	0.2249
Ta_2O_5	0.1286			
TiO_2	0.0015	0.0028	FeO	0.0028
SnO_2	0.0013			
	0.2276			0.2277

In connection with the publication of the former analysis of manganotantalite from Varuträsk, we reproduced for comparison two closely related analyses, referring to specimens from Utö and Sanarka. Both were chosen as being manganese tantalites with exceptionally high content of MnO. The tantalites do not in general show high contents of MnO, in the columbites it is more common. With regard to the use of the names manganocolumbite and manganotantalite we said in our former publication that in the case of the tantalites the ratio $MnO : FeO > 1$ would amply justify the name manganotantalite whereas it seemed opportune to restrict the name manganocolumbite to such species where the ratio $MnO : FeO$ is over 2.

The two analyses cited in our former publication were already extreme in their high content of MnO. The new analysis here published is, however, still more extreme in this respect. In fact, of all published analyses of tantalites, it seemes that only two can compete in respect to so low a content of FeO. The one is a partial analysis by W. T. Schaller of a manganotantalite from Mt Apatite, Maine[1] with 0.16 % FeO against 14.49 % MnO (calculated by diff.). The other is an old analysis of tantalite from Branchville, reproduced in the table above for comparison. This analysis was not cited in our last publication as the proportions between Nb_2O_5 and Ta_2O_5 differed so essentially from the then published analysis of manganotantalite from Varuträsk. This difference does not apply to the new analysis, which is more intermediate in this respect. In reality the analyses from Varuträsk and from Branchville are very closely related, not only in respect to the practical absence of FeO, but also in respect to the proportions of Nb_2O_5 and Ta_2O_5. The latter is, however, of secondary importance, as it is well known that, even in the same locality, the proportions between Nb and Ta can vary nearly indefinitely. The low content of FeO in both analyses is on the other hand a feature of more interest as only the manganotantalite from Mt Apatite can compete in this respect.

In the table below the 5 analyses on record with lowest FeO content are given.

	FeO	MnO	Nb_2O_5	Ta_2O_5	Sp. rg.
Mt Apatite	0.16	14.49	85.35		7.14
Varuträsk	0.20	15.95	25.68	56.86	6.349
Branchville	0.43	15.58	30.16	52.29	6.59
Sanarka	1.17	13.83	4.47	79.81	7.301
Wodgina	1.63	14.15	15.11	68.65	7.03

The three first analyses, from Mt Apatite, Varuträsk and Branchville, denote the most extreme manganotantalites, with FeO under

---

Am. Journ. of Sc. 24, 1907, p. 154.

0.5 %. It is of interest to note that all three refer to manganotantalites from wellknown Li-pegmatites, though distributed over three continents.

The two analyses of manganotantalite from Varuträsk show, however, that, even within the same occurrence, variations occur within wide limits in respect to the ratio FeO : MnO. The first analysis gave 9.81 % FeO, the second 0.20 %. The exact occurrence of the first analysed specimen is, however, not known. In 1935, when it was found, no mining had been begun in the eastern quarry, so it has evidently originated from the western part of the pegmatite. The new find of 1940 was in the eastern quarry, and the specimen is the only mineral of the niobate—tantalite group as yet found in this part of the pegmatite. The two tantalite specimens evidently occur in a different association and may belong to different epochs of mineralisation. Hence their differences in composition.

C. OSKAR NORELIUS

in memoriam.

Den 26 febr. 1941 avled i Stockholm en av Geologiska Föreningens äldsta ledamöter, f. d. bergmästaren Carl Oskar Norelius, i sitt åttionde år. Han invaldes redan år 1886.

Norelius var född i Torps församling på Orust den 28 sept. 1861, son till folkskolläraren Anders Norelius. Efter mogenhetsexamen i Göteborg 1882 och bergsingenjörsexamen vid Tekniska högskolan i Stockholm 1885 var han 1886—87 Jernkontorets stipendiat. Samtidigt med att han 1885—87 tjänstgjorde som kartritare åt fil. dr Birger Santesson — denne torde då ha arbetat på färdigställandet av sina »Geognostiska kartor och beskrifningar öfver de viktigare grufvefälten» inom norra delen av Örebro län (S. G. U., Ser. Bb, No. 4, 1889) — studerade Norelius mikroskopisk petrografi för A. E. Törnebohm och kompletterade därpå år 1888 sin bergsingenjörsexamen för att kunna komma in vid bergsstaten. S. å. inskrevs han som auskultant i Kommerskollegium, där han huvudsakligen arbetade på Gruvkartekontoret. 1888—90 var han assistent i teoretisk mekanik vid Tekniska högskolan, men lämnade sedan Stockholm och tjänstgjorde 1890—93 som lärare i bergsmekanik och gruvmätning vid Filipstads bergsskola samt 1892—94 som lärare i mineralogi, geologi och gruvbrytning vid Falu bergsskola. 1893 hade Norelius erhållit förordnande såsom gruvingenjör i Gävle-Dala bergmästaredistrikt, men redan 1894 fick han på egen begäran transport till Mellersta bergmästardistriktet, där hans bostad blev i Kopparberg. I samma distrikt blev han 1902 bergmästare och flyttade då till bergmästareboställett Knutsberg vid Nora, vilket han lämnade först efter sitt avskedstagande år 1927.

Under sin gruvingenjörstid utförde Norelius ett stort antal gruvmätningar och flera magnetiska undersökningar vid järnmalmsfyndigheter, varjämte han deltog i en del geologiska arbeten.

Under sin ett helt kvarts sekel långa tid som bergmästare styrde han sitt distrikt med nit, skicklighet och oväld. Han ägde stora teoretiska och praktiska kunskaper i gruvhanteringen, och hans insatser för svensk bergshanterings främjande voro betydande. Hans beredvillighet att bistå med råd och dåd och hans rättframma väsen och gedigna personlighet gjorde honom uppskattad i alla kretsar, och vid sin avgång från bergmästareämbetet hyllades han livligt och varmt. Han blev den siste bergmästaren i Mellersta di-

triktet. Efter hans avskedstagande ändrades distriktsindelningen,
å att som bekant något »mellersta» bergmästaredistrikt ej längre
xisterar.

Utom tjänsten anlitades Norelius av det allmänna för många
lika uppdrag. Sålunda var han sakkunnig för förslag till ny
ruvlagstiftning 1906—07, ordförande i nämnden för bestämman-
le av avgäld för kronans jordägareandel i gruva 1907—34, ad-
ungerad ledamot av kommittén för omorganisation av Kommers-
ollegium 1908—12, ledamot av malmkommissionen 1913—24 och
rdförande bland gruvarbetstidssakkunniga 1919—22.

Under sin tid i Bergslagen var Norelius dessutom landstingsman
Örebro län och ledamot av en rad kommunala nämnder och sty-
elser, varjämte han tillhörde ledningen för flera enskilda bolag.
ålunda var han 1906—16 ledamot av styrelsen för A.-B. Ofotens
nalmfält och 1918—25 ordförande i styrelsen för A.-B. Väster-
ötlands förenade kalkindustrier. Som konsulterande ingenjör anli-
ades han vid ett avsevärt antal gruvfält. Bl. a. hade han förtro-
ndeuppdraget att planlägga gruvarbetena vid Grängesberg och
dkerberget på 1890-talet och tiden närmast därefter. Omkring
910 planlade och ledde Norelius anläggningarna vid Ofotens malm-
ält i Norge, och under flera år var han teknisk ledare av bryt-
ingen i Ställbergs, Basttjärns, Svartviks, Pershytte m. fl. gruvfält.

Efter sin avgång från bergmästareämbetet bosatte sig Norelius i
tockholm (Äppelviken). Han var livligt bergshistoriskt intresse-
ad, vilket kanske kan sägas ha kommit till uttryck redan genom
ans publikation: »Äldre författningar rörande grufvors utmål»,
ryckt i Filipstad 1910, och här i Stockholm fick han nu tillfälle
tt i lugn och ro ägna sig åt flitiga studier i Bergskollegiiarkivet
å Riksarkivet. Hans arbete resulterade i det på initiativ och be-
ostnad av Lekebergs bergslags malmöreskassa tillkomna, i huvud-
ak bergshistoriska arbetet »Lekebergslagen i Örebro län», tryckt
Filipstad 1935 (ett geologiskt avsnitt har Nils H. Magnusson till
örfattare, och berggrundskartan är upprättad av Sture Lander-
ren).

Norelius fortsatte sedan med ett likartat arbete rörande Ler-
äcks bergslag. Det blev honom emellertid ej förunnat att se även
etta fullbordat, men vi samlas kring den förhoppningen, att någon
nnan intresserad och kompetent kraft skall bringa det till av-
lutning.

År 1893 ingick Norelius i Stockholm äktenskap med Henriette
ahlstedt (f. 1867), vilken avled 1940.

Nils Zenzén.

Notis.

Vanadinhalten i svenska oljeskiffrar och vanadinets förekomstsätt.

Av

G. Assarsson.

(MS. inkommet $^{25}/_{3}$ 1941.)

Vid undersökning av borrkärnor av svenska alunskiffrar från Närke, Kinnekulle och Östergötland har en del systematiska försök nyligen gjorts vid Sveriges geologiska undersökning för att bestämma dels halten av vanadin, molybden och volfram, dels också sättet för dessa metallers förekomst.

Tidigare bestämningar finnas särskilt å vanadin, men egentliga profilprov ha ej kunnat undersökas. Profiler visa emellertid en ganska varierande halt av ifrågavarande metaller. På de nu undersökta prov, som representera skikt på omkring 1 m ha halter funnits liggande för V mellan 0.02 och 0.20 %, för Mo mellan 0.008 och 0.03, för W från ej påvisbart till någon hundradels procent, allt räknat som metall på naturskiffer.

Det bör anmärkas, att de nämnda metallerna visat sig ej följa skifferns halt av organiska ämnen. Prov, rikt på organiskt material, skulle hålla mera av dessa metaller än prov fattigt på organiska ämnen enligt tidigare uppfattning. Så är emellertid ej förhållandet. Detta jämte direkta försök att bestämma metallernas bindningssätt ha givit vid handen, att V och Mo, kanske också W, måste vara bundna vid svavel i skiffern. Någon anledning att antaga, såsom tidigare gjorts, att metallerna, särskilt V, skulle vara bundna vid organiska ämnen, finnes påtagligen icke. Utförligare redogörelse skall lämnas i samband med slutlig redogörelse för analysresultaten.

Anmälanden och kritiker.

SCHAFFER, FR X., Univ.-Prof. Dr.: Lehrbuch der Geologie. I Teil: Allgemeine Geologie. X + 504 s., 1 färgpl. + 481 fig. Zweite und dritte erweiterte Auflage, TH. FUCHS gewidmet. Leipzig u. Wien 1922 (F. Deuticke). — II Teil: Grundzüge der historischen Geologie (Geschichte der Erde, Formationskunde). XII + 628 s., 1 pl. + 705 fig. Erste bis dritte Auflage, JOH. WALTHER gewidmet. L. u. W. 1924 (ibid.). — III Teil: Geologische Länderkunde (regionale Geologie). XII + 1112 s., 1 pl. + 532 fig. FRIEDRICH TRAUTH, JULIUS VON PIA, LOTTE ADAMETZ gewidmet. L. u. W. 1941 (ibid.).

I dagarna utkom tredje delens 11:e och sista häfte, varmed denna för 25 år sedan påbörjade lärobok, ett helt livs verk, avslutats. Att den fyller ett behov framgår tydligt av de första 2 delarnas trenne upplagor; de ersätta, möjligen i något förkortad men förträfflig form, E. KAYSERS vidlyftiga och i talrika upplagor utkomna lärobok, som t. f. av de många tilläggen under upplagornas fortgående revision (7:e—8:e, 1923; resp. 6:e—7:e, 1924) blivit konglomeratartat onjutbar och märkligt fri från ledande tankegångar. Då de första tvenne delarnas tryckningsår ligger jämförelsevis långt tillbaka i tiden, skall härmed uppmärksamheten uteslutande riktas på den tredje delen, som liksom sina föregångare är rikt illustrerad, varvid man lägger märke till att originalen till reproducerade fotografier och landskapsbilder till stora delar förskriva sig från förf. själv. Detta åter leder till konstaterandet, att förf. berest större delar av det behandlade jordklotet med avsikt att genom autopsi få ett fast grepp om det ämne han i denna del behandlar. Ur förordet framgår även att han därvid alltid tagit kontakt med ledande forskare och geologichefer inom de trakter och länder han besökt, bl. a. Fennoskandia i flere repriser, för att från mest kompetent håll introduceras i arbetsresultaten utan att därvid behöva utföra något geologiskt pionjärarbete eller usurpera rollen av forskningsresande. Områden, vars utforskande befinner sig i upptäckarstadiet eller som förf. ej personligen tagit kontakt med, beröras därför alls ej eller endast helt kort (jmf. kap. III, V, VIII). Arbetssättet kunde tänkas leda till ensidiga betraktelser på basen av förhärskande teorier, men förf:s personlighet som tränad och verksam alpingeolog ur säker stratigrafisk (Wiener-)skola garanterar i viss utsträckning ett kritiskt omdöme. Jordens regionala geologi i denna form representerar ett koncentrat, till en viss grad jämförligt med REEDS »Geology of the British Empire» (London 1921), som även ofta citeras, men är dock betydligt enhetligare planlagt och genomfört. Innehållet uppdelas på 13 större och smärre kapitel, även de i sin ordningsföljd och gruppering ej de sedvanliga, men dock påfallande i försöken till konsekvent utformning. En titeluppräkning av kapitlen ger en föreställning om innehållets planering: I. Das Pazifische Gebiet. II. Das Australische Epeirogen. III. Das Antarktische Epeirogen. IV. Das Afrasische Epeirogen. V. Der Südatlantik (7 s. med litteratur!). VI. Südamerika. VII. Archeuropa. VIII. Die Uralische Rinne (5 s. med litteratur!). IX. Das Kaledonische Orogen. X. Die Eurafrische Geosynklinale (= den hercyniska och den alpina, 280 s.!). XI. Der Asiatische Bau. XII. Das Nordatlantische Gebiet. XIII. Der Nearktische Kontinent. — Namngivningen påminner något om SUESS, men det bör betonas: förf. undviker fullständigt långsyftande och ens till skymten härddragna konnektioner. Fossillistor förekomma på kritiskt lämpliga punkter; talrika kartskisser, tektoniska och orografiska profiler, geologiska rekonstruktioner och översiktskartor samt tektogramm underlätta studiet i hög grad; litteraturlistorna äro korta och kännspaka och omfatta i huvudsak årtalen för bokens tillblivelse (1915—1940). Boken är bekvämare i sin anläggning och mera tilldragande i sin användning än de regionala sammanfattningar man gärna vill jämföra den med: »Handbuch der Regionalen Geologie», »Geologie der Erde», ty den representerar ett enhetligare stöp och begagnar sig av en sällsynt flytande stil. Som referensbok vid föreläsningar över och för arbetsuppgifter inom regional historisk geologi är den helt enkelt oumbärlig. Den är en milstolpe för regional forskning intill tjugonde århundradets första tredjedel.

H. G. B.

FADDEGON, JOHAN M.: Geologische en petrologische onderzoekingen in het Rivovardogebied en omgeving. Academisch proefschrift. Assen 1940.

I början av år 1934 tillskrev mig prof. BROUWER i Amsterdam och frågade om det fanns förutsättning för att några av hans studerande kunde få sig tilldelade några lämpliga arbetsuppgifter i Sverige. Saken förhöll sig så att politiska förhållanden började försvåra arbetsmöjligheterna i Spanien och Italien dit BROUWER i brist på lämpliga petrologiska eller petrografiska uppgifter i sitt eget land sedan flera år tillbaka sökt dirigera sina lärjungar.

Då BACKLUND och jag några år förut avslutat den översiktliga karteringen av Västerbottens fjällområden, syntes det mig ur flera hänseenden önskvärt att vissa särskilt intressanta områden där skulle bli föremål för en mera detaljerad undersökning än vad vi kunnat ägna dem. Jag tänkte mig att man med fördel skulle kunna utvälja mindre partier inom vårt undersökningsområde, vilka syntes erbjuda problem av särskilt intresse med hänsyn till tydningen i stort av fjällkedjans byggnad, och som därför såväl för den som tog upp området till detaljkartering som för vår uppfattning om fjällproblemen i vidare bemärkelse skulle lämna resultat av värde.

Sedan jag rådfrågat mig med chefen för Sveriges geologiska undersökning, överdirektör GAVELIN, och funnit att han delade mina synpunkter och ställde sig förstående till uppslaget, meddelade jag BROUWER att förutsättning förelåg att tillmötesgå hans önskningar och att Västerbottenfjällen syntes vara ett lämpligt område med hänsyn till det förberedande arbete som där just avslutats. I ett svarsbrev accepterade BROUWER tacksamt förslaget och uttryckte samtidigt en önskan att jag skulle föreslå flera arbetsområden, om möjligt så belägna att de studerande ej låge alltför isolerade utan med möjligheter att komma i förbindelse med varandra.

Jag kom då i första hand att tänka på Tärnaleden som lämplig förbindelseled och föreslog följande fyra områden, vilka ur ovan givna synpunkter syntes lämpliga:

1. Det s. k. Rivovardoområdet, som redan på vår översiktskarta på grund av bergarternas avvikande utbildning erhållit en särbeteckning.
2. Södra delen av Norra Storfjället och Syterdalen med dess i viktiga avseenden ouppklarade metamorfa och tektoniska problem.
3. Södra Artfjället omkring Keunjatjåkko, en tektonisk-stratigrafisk karteringsuppgift med hjälp av karakteristiska konglomeratbäddar som ledhorisonter (det s. k. Vojtjakonglomeratet).
4. Området omkring Umasjö, där metamorfosen synes kulminera i en kaledonisk migmatitbildning jämförbar med Stavangerområdet.

Inom kort hade alla dessa fyra områden börjat bearbetas och detaljkart-äggas av lika många unga holländska studerande, som med liv och lust ignade sig åt sina respektive uppgifter. Och hösten 1939 hade de alla i stort unnit slutföra åtminstone så mycket av sina fältarbeten att man på vart ch ett håll såg betydelsefulla resultat föreligga. Tyvärr skulle kriget ej nedgiva att på vissa håll en del avslutande rekognosceringar fingo genom-öras.

Men den 24 april 1940 var en av de unga ändock färdig att i Amsterdam ffentligen försvara sin gradualavhandling rörande den första av ovan-ämnda arbetsuppgifter och med den titel som angives i rubriken här ovan.

Då avhandlingen trycktes på eget förlag och därför kanske ej blir lätt illgänglig för en vidare geologkrets, har det ansetts önskvärt att omnämna le viktigaste resultaten i form av en anmälan i Förhandlingarna. Då av-andlingen dessutom är tryckt på holländska, hade jag redan tidigt avtalat ned författaren att själv skriva ett autoreferat på svenska för G. F. F. Dr ADDEGON befinner sig emellertid för närvarande i arbete på Borneo och let är givetvis i hög grad ovisst när han blir i tillfälle att infria detta sitt öfte.

Då det synts redaktionen önskvärt att utan alltför stor tidsutdräkt få vhandlingen i någon form anmäld, tror jag att man kanske bäst vinner nålet genom att återgiva författarens egen sammanfattning sådan han ammanställt den i form av en resumé på tyska språket i sin avhandling. Man får givetvis förutsätta att han däri framhållit vad han själv ansett ara av största vikt.

Med en lyckönskan till väl förrättat värv låter jag därför dr FADDEGON ned egna ord sammanfatta sina resultat.

Percy Quensel.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse von geologischen und pe-rologischen Untersuchungen, die während der Sommermonate 1936, 1937 nd 1938 von uns im Rivovardogebiete in der östlichen, hochmetamorphen one (Sevezone) der Kaledoniden in Schwedisch-Lappland ausgeführt urden.

Das ganze Gebiet wird aufgebaut von metamorphen Gesteinen; der Grad ler Metamorphose nimmt in östlicher Richtung allmählich zu. Im Grossen nd Ganzen fallen die Gesteine unter Winkeln von 20—50° nach SW bis W ein. Wir unterscheiden einige kristalline Einheiten, deren Abgrenzung uf den petrographischen Merkmalen der zu den Einheiten gehörenden Ge-

steinen beruht. Diese Einheiten sind keine selbständige tektonische Elemente, obwohl ihre Grenzen manchmal auch tektonisch wichtig sind.

1. Im Westen liegt die *Kölischieferformation:* Serizitphyllite, Quarzite (teilweise Arkosequarzite), Kohlereiche Phyllite und Serizitchloritphyllite als metamorphe Derivate sandig-toniger (teilweise grobklastischer) Sedimente. Die Quarzite sind zu Hause in den ordovizischen Gilliksserie von Kulling (litt. 36). Die Gesteine der Köliformation gehören zu der Chloritzone der regionalen Metamorphose nach der Einteilung der schottischen Geologen. Unter und östlich von dieser Formation folgt:

2. Die *Übergangsformation*, aufgebaut von Granatbiotitserizitschiefern und eingeschalteten dünnen Garbenschieferbänken, als metamorphe Derivate sandig-toniger, bzw. mergeliger Sedimente. Die Grenze gegen die Kölischieferformation ist eine rein petrographische, welche den Verlauf der Granatisograde angiebt. Die Gesteine der Übergangsformation gehören zu der Granatzone der regionalen Metamorphose. Eine Biotitzone ist kaum zu unterscheiden. Biotit ohne Granat tritt nur in einer wenigen Metern mächtigen Zone auf. Beide Mineralien sind bei ihrem Auftreten porphyroblastisch entwickelt. Der zuerst auftretende Granat ist ein manganreicher (Spessartin-Almandin).

Unter und östlich von der Übergangsformation folgt:

3. das *Rivovardokristallin,* das aufgebaut wird von a) Granatmuskovitbiotitschiefern bis -quarziten als metamorphe Derivate tonig-sandiger Sedimente; b) mehreren Typen von (Granat)-hornblendegarbenschiefern als Derivate mergeliger Sedimente; c) Amphiboliten als Derivate von basischen Erstarrungsgesteinen nebst (Hornblende)-epidotcarbonatgesteinen als Derivate tuffogener Sedimente und Sedimente mit eingespühltem klastischen Eruptivmaterial. Ein grosser Teil dieser Gesteine (ausserhalb der Amphiboliten) ist grobkörnig ausgebildet. Man kann zwei Faziesgebiete im Rivovardokristallin unterscheiden: 1. das Rivovardo-Jokkskaissemassiv mit fast nur Granatmuskovitbiotitschiefern, und 2. das Brakkfjäll-Aunjuonakomplex, das eine rasch wechselnde Aufeinanderfolge von den vier oben unterschiedenen Gesteinsgruppen zeigt. Auch in tektonischer Hinsicht weisen beide Gebiete Unterschiede auf, wie hervorgeht aus dem eigentümlichen Verlauf des Streichens. Wir betrachten die magmatischen Gesteine dieses Kristallins als Lavagesteine (mit eingeschalteten Tufflagern).

Das Rivovardokristallin gehört zu der Granatzone der regionalen Metamorphose, die tiefliegenden Granatquartzite des Rivovardobaches sind auf Grund ihres Disthengehaltes der Disthenzone zuzuweisen.

Unter und östlich vom Rivovardokristallin folgt:

4. das *Vuonjaålkekristallin:* eine Serie von (Granat)glimmerquarziten und -schiefern als Derivate sandig-toniger Sedimenten (wobei die sandige überwiegen; es kann überhaupt ein allmähliger Übergang von vorherrschend tonigen nach vorherrschend sandigen Gesteinen, von der Köliformation nach dem Vuonjaålkekristallin festgestellt werden), und mittel- bis feinkörnigen Gneisen (Plagioklasgneisen, z. T. mit Mikroklin). Die Gneise bilden mit wenigen Ausnahmen die basalen Teile dieses Kristallins. z. T. bilden Sie gleichzeitig die meist östlich gelegenen Teile, welche vom — in der Sevezone aufgestiegenen — Granitisierungsfront längs metasomatischem Wege umgebildet wurden. Amphibolite, als Derivate von basischen Erstarrungsgesteinen, spielen in dünnen Bänken nur eine ganz untergeordnete Rolle.

Im Stalofjäll liegt unter dem Vuonjaålkekristallin:

5. das *Ajaurekristallin,* das aus vorwiegend Amphibolite besteht, mit eingeschalteten (Hornblende)granatglimmerschiefern. In den Amphiboliten sind mehrere Typen, wie dichte Amphibolite, gebänderte Amphibolite und pistazitreiche Amphibolite zu unterscheiden. Wir halten es für wahrscheinlich, dass diese metamorphe Derivate basischer Lavagesteinen mit Tufflagern darstellen. Besonders in den basalen Teilen dieses Kristallins herrschen amphibolitische Gesteine vor. Das Ajaurekristallin gehört zu der Granatzone der regionalen Metamorphose (inwieweit auch die Disthenzone vertreten ist, kann wegen Disthenmangel in den Granatglimmerschiefern nicht festgestellt werden).

6. das *Injektionskristallin* taucht im Ryfjäll nach Westen unter dem Vuonjaålkekristallin. Weiter nach Süden ruht das Ajaurekristallin — das sich hier zwischen Vuonjaålkekristallin und Injektionskristallin schiebt — auf dem Injektionskristallin. Die meisten Injektionsgesteine enthalten ursprünglich sedimentäres Material von sandig-toniger Zusammensetzung. Injektionsgesteine mit mergeligem Material sind in der Nähe der Ostgrenze unseres Gebietes ziemlich stark verbreitet. Amphibolite als Derivate von basischen Erstarrungsgesteinen sind keine wichtige Bestandteile des Injektionskristallins.

Die Gesteine dieser kristallinen Gruppe hatten bereits einen hohen Metamorphosegrad (Disthenzone) erreicht, bevor die injizierenden Lösungen eindrangen und die Gesteine weitgehend umprägten. Kleine Granitkörper und Pegmatitlinsen und -Nesten durchsetzen die sedimentogenen Gesteine. Man kann einigermassen einen Unterschied machen zwischen mechanischer Intrusion und Injektion von Graniten (und Pegmatiten), und metasomatischer Feldspatbildung in den sedimentogenen Gesteinen (regionale Feldspatisierung und vielleicht auch Muskovitisierung). Granitkörper von bedeutendem Umfang kommen kaum vor.

Die Injektionsmetamorphose, während welcher auch Bewegungen auftraten, fand in mehrere Phasen statt. Es konnte einwandfrei festgestellt werden, dass es zuerst eine Periode der Bildung von Graniten und Pegmatiten gab, wobei das Na unter den Alkalien weit vorherrschend war. Die Nebengesteine wurden durch Na-Feldspatisierung umgewandelt. Die Plagioklase in vielen dieser Gesteinen sind später von K-Feldspat verdrungen worden (K-metasomatose). Diese Umbildung von Na- in K-Feldspat ist in seinen verschiedenen Stadien gut zu verfolgen. Die K-Feldspatbildung wurde in einigen Gesteinen gefolgt von einer neuen Albitbildung; der junge Albit verdrang den K-Feldspat. Später hat sich in manchen Gesteinen noch Muskovit auf Kosten des K-Feldspates und — in dem obengenannten Falle des Vorkommens jüngeren Albits — des Na-Feldspates. Vielleicht hat es eine Fe-Mg-Metasomatose gegeben, welche u. m. eine späte Biotitbildung durch Verdrängung von Muskovit verursacht hat.

Die regionale Metamorphose fand während Ablagerung und Bewegung der Sedimente in der Geosynklinale statt. Es kann — jedenfalls für die Übergangsformation und das Rivovardokristallin — eine Periode von statischer Metamorphose abgetrennt werden, in welcher Biotit, Granat und Hornblende porphyroblastisch ausgebildet wurden, wie hervorgeht aus den Diablasten in diesen Mineralien, welche auf geradlinigen Bahnen angeordnet sind, dessen Verlauf von der bereits zustande gekommenen Schieferung bestimmt wurde. Es ist sehr gut möglich, dass die für die Bildung dieser Mineralen geforderte hohe Temperatur teilweise verursacht wurde durch das Emporsteigen der Geoisothermen in Zusammenhang mit der Granitisierung.

In vielen Gesteinen in dem von uns untersuchten Gebiete können die Spuren späterer Dynamometamorphose nachgewiesen werden. Die Durchbewegungen, welche Anlass gaben zu dieser Metamorphose, haben im Allgemeinen die bereits gebildeten Schieferungsflächen gefolgt. In der Übergangsformation und im Rivovardokristallin hatten diese Bewegungen manchmal Umkristallisation des Gesteins ausserhalb des Granates zufolge; der Granat wurde nur gebrochen, aber nicht umkristallisiert. Im Ajaurekristallin und auch im Injektionskristallin fand Auswalzung und Regeneration des Granates statt. Die Form des regenerierten Granates wurde beeinflusst von den herrschenden Druckverhältnissen. In der Gurdstjåkkozone, im Injektionskristallin, sind die Injektionsgneise, Granite und Pegmatite von kräftigen Bewegungen nach der Injektionsmetamorphose ergriffen worden, welche eine Mylonitisierung mit Mineralneubildung (Blastese) hervorbrachten. Besonders die Na-Feldspate dieser Gesteine sind ausserordentlich stark serizitisiert und saussuritisiert.

Nach dem heutigen Stand der Untersuchungen kann nicht entschieden werden inwieweit die spätere Bewegungen in den unterschiedenen kristallinen Einheiten gleichzeitig stattfanden. Es ist z. B. sehr gut möglich, dass im Injektionskristallin die Injektionsmetamophose vor sich ging während in den mehr westlich gelegenen Einheiten die spätere Dynamometamorphose auftrat.

Es wäre nach dem oben Mitgeteilten die folgende Skizzierung vom tektonischen Entwicklungsgang des untersuchten Gebirges zu geben — wobei diese Skizzierung als Arbeitshypothese aufzufassen ist —:

Sedimentation, und Faltung von den in der kaledonischen Geosynklinale abgelagerten Gesteinen, verbunden mit regionaler Metamorphose.

Bildung einer Geantiklinale, wovon in unserem Gebiet der Kern und der westliche Teil zutagetreten, sodass mutmasslich nach Westen hin immer jüngere Ablagerungen mit abnehmenden Metamorphosegrade folgen.

Die Granitisierung des Kernes der Geantiklinale erfolgte vielleicht unter Wirkung von tangentialen Bewegungen, welche die in grösserer Tiefe gebildeten alkalireichen Lösungen in höhere Teile der Kruste pressten.

Spätere Dynamometamorphose (vielleicht teilweise während der Granitisationsperiode unter hoher Belastung, wohl in Zusammenhang mit der Überschiebung von höheren tektonischen Einheiten, die jetzt durch Erosion verschwunden sind), modifizierte den Habitus der Gesteine der Geantiklinale und ist wohl verantwortlich zu stellen für die Breitenzunahme der Sevezone, auf der geologischen Karte, im Rivovardogebiet. Es dürfte sich hier handeln um eine Aufwölbung von einigen kristallinen Einheiten des Westflügels der Geantiklinale, wobei die Bewegungsmöglichkeit am grössten in S—SO Richtungen war. Die starke Dynamometamorphose, die die basalen Teile des Vuonjaålkekristallins und die sedimentogenen Gesteine der höheren Teilen des Ajaurekristallins zeigen, steht wahrscheinlich mit einem in derselben Bewegungsphase aufgetretenen, nach Süden gerichteten Vorrücken des Vuonjaålkekristallins im Zusammenhang.

Die Hypothese, dass das Rivovardokristallin ein Rest einer aus grosser Entfernung überschobenen Scholle darstellt, muss abgelehnt werden.

Die Köli- und Seveschiefer müssen — jedenfalls in unserem Untersuchungsgebiete — nicht betrachtet werden als zwei durch grosse Altersunterschiede von einander getrennte Gruppen. Im Gegenteil: unsere Beobachtungen weisen darauf hin, dass die beiden Gruppen allmählich in einander übergehen und die Seveschiefer sicher teilweise metamorphosierte kambrosilurische Sedimente und Erstarrungsgesteine darstellen.

Schneiderhöhn, Hans. Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Erster Band. Die Lagerstätten der magmatischen Abfolge. 8:o, 858 s., 264 ill. — Gustav Fischer, Jena, 1941. Häft. RM 48: —, bunden RM 52: — (nedsättningsmöjlighet för utlandet).

Det är nu länge sedan någon mera betydande ny lärobok i malmgeologi kom ut. Under decenniet efter sekelskiftet utkommo i relativt snabb följd tre tyskspråkiga verk, nämligen Beck (1900), Stelzner-Bergeat (1904—1906) och Beyschlag-Krusch-Vogt (1909), följda av Lindgrens »Mineral deposits» (1913). Den sistnämnda har med nya upplagor (4. uppl. 1934) på senare tid utan tvivel varit den mest anlitade. Ofta har man dock även tacksamt sökt sig tillbaka till de nyssnämnda tidigare verken. Orsaken har varit tvåfaldig. Dels innehålla de tyska arbetena mera utförliga redogörelser för skilda fyndigheter, dels äro i dem exemplen från icke-amerikanska länder talrikare. I förstnämnda avseende kan skillnaden måhända bäst uttryckas så, att Lindgrens arbete är mera lärobok, medan de tyska också syfta till att vara uppslagsböcker. Schneiderhöhns verk, som nu utkommit med sin första del, avser också att förena dessa båda sidor. Därav följer givetvis, att det blir av betydande omfattning. Fortsättningen annonseras närmast komma att fördelas på två band, behandlande resp. »Die Lagerstätten der sedimentären und metamorphen Abfolge». Därjämte planeras en del rörande metallepoker och metallprovinser, samt en rörande malmfyndigheternas geokemi.

Belysande i mångt och mycket för förf:s grepp på ämnet är inledningen, där han deklarerar sin tacksamhetsskuld till Lindgren, till Niggli — särskilt med hänsyn till dennes arbeten rörande de lättflyktiga magmabeståndsdelarnas roll —, till Stille och H. Cloos, samt till sin lärare i geologiskt arbete, Erich Kaiser, vilkens minne bandet är tillägnat. Framförallt tackar förf. Kaiser för det att denne lärt honom inse nödvändigheten av att i malmgeologien på det intimaste förena mineralogiskt och geologiskt arbete. Detta kan synas överflödigt för oss, som huvudsakligen syssla med urbergsfyndigheter, där den mineralogiskt-petrografiska och den geologiska sidan med nödvändighet förenas. Men situationen är onekligen en annan i länder, där den geologiska sidan även kräver en omfattande stratigrafisk skolning.

Framställningen inledes med en kort och klar översikt av fraktioneringsprocesserna i magman och deras betydelse för malmbildningen; från likvidmagmatiska fyndigheter till teletermalt hydrotermala och exhalationsprodukter. I den utförligare behandlingen indelas de olika fyndighetstyperna i fyra huvudgrupper: likvidmagmatiska, pneumatolytiska, hydrotermala, och exhalationsfyndigheter. Bland de likvidmagmatiska urskiljas kristallisationsdifferentiat (varvid resorptionsprocesser tillmätas en väsentlig roll) samt »Entmischungssegregate», således likvationsprodukter. I den förra avdelningen återfinnas fyndigheter av kromit, titanhaltig järnmalm och platina, i den senare märkas framför allt nickelmagnetkisfyndigheter av typen Sudburys »marginal deposits». Såsom ett mellanled mellan den likvidmagmatiska och den pneumatolytiska gruppen anföras ett antal typer av »autohydratiserade» differentiat, motsvarande de flesta likvidmagmatiska typerna (ex. Sudburys »offset deposits»), samt Kirunatypens apatitrika järnmalmer och Kolahalvöns apatitkoncentrationer.

Till den pneumatolytiska gruppen föras pegmatiter, vissa malmgångar, samt kontaktpneumatolytiska fyndigheter. Avgränsningen av hithörande gångar från det högsta temperaturstadiet bland de hydrotermala utgör naturligtvis i många fall en vansklig sak. Såsom pneumatolytiska upptagas emellertid bl. a. flertalet tennmalmsgångar samt turmalinförande kvartsgångar med guld, koppar, m. m.

Inom den stora hydrotermala gruppen har Schneiderhöhn med hänsyn till det geologiska sammanhanget och till temperaturgebitet genomfört en indelning, som i en del punkter avviker från de amerikanska forskarnas (Lindgren, Graton, W. H. Emmons, m. fl.), ehuru han i övrigt ansluter sig till deras synpunkter. Bl. a. införes begreppet subvulkaniska fyndigheter, representerande flera temperaturstadier. I beskrivningen äro emellertid de olika fälten icke grupperade efter bildningstemperaturen, utan efter sin karakteristiska metallföring, t. ex. guld och guld-silver, pyrit och koppar, bly-silver-zink. Enligt rec:s mening är detta också en lyckligare form.

Bland »exhalationsfyndigheter» upptagas dels fumarol- och solfatarprodukter (ex. svavel), dels järnmalmer av Lahn-Dill- och kvartsrandtyp. Denna placering av ifrågavarande järnmalmer motsvarar onekligen gängse uppfattning av deras bildningssätt bättre än det sedvanliga sammanförandet med malmer av normalt sedimentärt ursprung.

Det är särskilt välkommet att i arbetet återfinna, behandlade med stöd av nyare litteratur, ett flertal fyndigheter, som utgjort klassiska forskningsfält för malmgeologien, men som senare för en tid sjunkit i bakgrunden för det vetenskapliga intresset. Freibergs gångsystem utgör ett exempel. Svenska fyndigheter behandlas mycket kortfattat, med undantag för de apatitrika järnmalmerna. Orsaken är den, att Schneiderhöhn ämnar upptaga övriga urbergsmalmer i verkets planerade tredje del, som skall avhandla metamorfa fyndigheter. För de mellansvenska järnmalmernas vidkommande är ett dylikt förfarande givetvis väl motiverat. För sulfidmalmerna i vårt urberg är den svagare grundad, men även på detta område kunna onekligen vissa fördelar vinnas, åtminstone då det gäller de mellansvenska fyndigheterna.

Arbetet är rikligen försett med litteraturhänvisningar (förteckningen upptager 740 nummer) och har utförliga register. Illustrationsmaterialet, huvudsakligen ritningar, är rikhaltigt och instruktivt. Särskilt må nämnas ett stort antal kartor och skisser, delvis i form av invikta planscher, på vilka svartritning och maskintoner kombinerats på ett lyckligt sätt.

Schneiderhöhns lärobok är ett i bästa mening ambitiöst arbete, och den nu tillgängliga första delen rekommenderas på det livligaste till alla, som ha intresse för den malmgeologiska vetenskapen.

Per Geijer.

Mötet den 6 mars 1941.

Närvarande 69 personer.

Ordföranden, hr Hörner, meddelade, att styrelsen å Föreningens vägnar avsänt en hälsning till Norsk Geologisk Forenings första landsmöte i Oslo den 11—13 februari samt att med anledning därav en svarsskrivelse ingått, som upplästes.

Till nya ledamöter av Föreningen hade styrelsen invalt: laboratoriechefen vid Statens väginstitut fil. lic. Harry Arnfelt, föreslagen av hrr Beskow och Rengmark, samt cand. real. Olge Adamson, Oslo, föreslagen av hr Quensel.

Föreningen beslöt ingå till Kungl. Maj:t med ansökan om ett statsbidrag å 1 400 kronor samt till hrr fullmäktige i Jernkontoret om ett anslag av 1 000 kronor såsom bidrag till fortsatt utgivande av Förhandlingarna under år 1941.

På förslag av styrelsen beslöt Föreningen att tillsammans med Stockholms högskola inbjuda professor Hans Cloos att i anslutning till sitt besök i Finland den 26 och 27 mars hålla en föreläsning i Stockholm om möjligt på Föreningens ordinarie möte den 3 april, eljest vid ett extra möte i slutet av mars.

Revisionsberättelse över styrelsens och skattmästarens förvaltning under år 1940 föredrogs av hr Sven Gavelin, varefter av revisorerna tillstyrkt ansvarsfrihet beviljades.

Sammandrag av Geologiska föreningens räkenskaper för år 1940.

Debet.

Balans från 1939: Reservfondens konto	kr.	11,631: 20	
Lotterifondens konto	»	16,278: 59	27,909: 79

Inkomster under år 1940.

Reservfondens konto, räntemedel	kr.	330: 28	
Lotterifondens konto, »	»	568: 26	
Annonsbilagans konto	»	174: 51	
Trycknings- och korrigeringsbidrags konto	»	41: 50	
Försäljning av föreningens förhandlingar	»	772: 95	
Statsbidrag	»	1,400: —	
Bidrag av Jernkontoret	»	1,000: —	
Portoersättningar	»	78: 94	
Årliga ledamotsavgifter	»	4,092: 50	
Ständiga »	»	200: —	8,658: 94

Utgående balans.

Skuld till P. A. Norstedt för tryckning	kr.	470: 62	470: 62
		Summa kronor	37,039: 35

Kredit.

Utgifter under år 1940.

Geol. fören. förh. 1939, rest å tryckning	kr.	1,276: 96	
» » » 1940, tryckning betald	»	7,130: 62	
» » » » , » ogulden	»	470: 62	
» » » » , illustrationer	»	1,128: 58	
» » » » , distributionen	»	442: 43	
Expeditionskostnader	»	373: 89	
Sammanträden	»	281: 98	
Revue annuelle 1939	»	246: —	
Brandförsäkring, representation m. m.	»	127: 40	
Arvoden	»	1,350: —	
Kursförlust vid försäljning av obligationer	»	1,355: 50	
Generalregister till bd 51—60	»	2,432: 85	16,616: 83

Utgående balans.

Reservfondens konto	kr.	10,422: 52	
Lotterifondens »	»	10,000: —	20,422: 52
		Summa kronor	37,039: 35

Hr Sundius höll ett av talrika ljusbilder belyst föredrag om Oljeskiffrar och skifferoljeindustri. En uppsats i ämnet kommer att tryckas i S. G. U.:s årsbok, Ser. C.

Med anledning av föredraget yttrade sig hrr Thorslund, Brotzen, Troedsson, K. Sidenwall, Orton och föredraganden.

Vid mötet utdelades nr 424 av Förhandlingarna.

Extra möte den 24 mars 1941.

Närvarande 45 personer.

På gemensam inbjudan av Geologiska Föreningen och Stockholms högskola höll professorn vid universitetet i Bonn, Dr Hans Cloos, ett föredrag om Struktur und Funktion der Tuffschloten (med färgbilder).
Referat av föredraget kommer att inflyta i ett senare häfte av Förhandlingarna.

Mötet den 3 april 1941.

Närvarande 46 personer.

Ordföranden, hr Hörner, framlade programmet för »Nordiskt urbergsmöte Åbo—Pargas 21—24 maj 1941».

Till ny ledamot av Föreningen hade styrelsen invalt fil. stud. Staffan Tengnér, föreslagen av hr Quensel.

Hr Rolf Norin höll ett av talrika diagram belyst föredrag om Tillämpning av termisk analys på leror och vattenhaltiga mineral. En uppsats i ämnet kommer att inflyta i ett senare häfte av Förhandlingarna.

Med anledning av föredraget yttrade sig hrr Beskow, Benedicks, Tamm, Hagerman, Arnfelt och föredraganden samt fil. lic. Börje Stenberg.

Hr Grip höll ett av kartor och ljusbilder belyst föredrag: Något om strömskvartsitskållan och dess tektonik. En uppsats i ämnet kommer att inflyta i ett följande häfte av Förhandlingarna.

Med anledning av föredraget yttrade sig hrr Holmquist, T. Du Rietz och föredraganden.

Herr Holmquist ville först uttala ett tack till föredragshållaren för det värdefulla bidrag han lämnat till kännedomen om fjällgeologien inom Strömsområdet i norra Jämtland. Det kan dock icke förnekas, att vad vi hittills fått veta om dessa trakters geologi ingalunda är tillräckligt för att grunda en säker uppfattning om överskjutningstektoniken inom denna region av fjällkedjan eller giva något som helst berättigande åt den uppfattningen, att densamma kännetecknas av ett antal stora överskjutningsskållor. Snarare har man att göra med en storstilad »Schuppenstruktur», såsom G. Frödin för nu längesedan på ett synnerligen övertygande sätt framställt förhållandena. Man må betänka, att i en region sådan som den svenska delen av fjällkedjan, där flacka rörelser i allmänhet dominerat under fjällkedjeveckningen, glidningar i allmänhet måste komma till stånd och även mestadels visa sig emellan bergartskomplex av olika sammansättning och därför även av olika mekanisk motståndskraft samt att det sålunda är en lätt sak att vid en schematisk geologisk kartering konstruera kartan efter skållhypotesen. Men något vägande bevis för att området vore uppbyggt av över varandra vilande stora glidskållor är därmed ingalunda lämnat. I Strömsbergets geologi vid Lidsjöberg har man ett begränsat gebit, där skållhypotesen synes böra kunna definitivt avgöras, för denna del av fjällkedjeområdet åtminstone. För närvarande föreligga tre väsentligen differerande tolkningar av dess geologi och tektonik, nämligen G. Frödins »Schuppenstruktur»-hypotes, Asklunds granitkalott-konstruktion och föredragandens starkt modifierade form av denna. Föredraganden hade på grundval av sina iakttagelser försökt en konstruktion i form av en inveckning uppifrån av den supponerade granitskållan (som väl skulle kunna betecknas som en »Klippen»-tektonik, om man vill tillämpa en schweizisk förebild) i motsats till Frödin, som i anslutning till traktens allmänna tektonik antager uppveckning nedifrån av underliggande prekambrisk granit och styrker denna åsikt genom påvisandet, att graniten är skjuten över sina egna vittringsgrusbildningar åt öster. Varken föredragandens eller Asklunds tolkningar av Strömsbergets geologi och tektonik kunna därför sägas hava vederlagt Frödins framställning. Men det vore synnerligen önskvärt, att området bleve gjort till föremål för ytterligare detaljerade undersökningar, då det väl kan sägas utgöra en probersten på möjligheten att tillämpa fjärrglidningshypotesen.

Geolognytt.

Dr Eugen C. Wegmann (Schaffhausen), bekant genom sina banbrytande fältgeologiska undersökningar i alla de 4 nordiska länderna, har utnämnts ($^{22}/_{2}$) till professor i geologi och prefekt för Geologiska institutet vid universitetet i Neuenburg (Neuchâtel) som professor E. Argands efterföljare.

Docenten fil. dr Nils Ambolt har utnämnts till förste aktuarie i Sjökarteverkets jordmagnetiska avdelning.

Professor O. Holtedahl, Oslo, har invalts som medlem av Fysiografiska sällskapet i Lund.

»Sixten Heymanns pris för författare och vetenskapsmän», som i år skulle tilldelas »svensk vetenskapsman inom den naturvetenskapliga grenen, förnämligast astronomi, geologi och kemi, för upptäckt eller utgivet arbete inom nämnda vetenskapsgren», har av styrelsen för Göteborgs högskola delats mellan professor H. Backlund för hans teori om urbergets uppbyggnad och utveckling och professor L. v. Post för utexperimenterandet av den pollenstatistiska metoden för undersökningar av kvartära avlagringar, särskilt torv. Priset utgör ca. 10 000 kr.

Vetenskapsakademien har tillerkänt e. o. museiassistenten fil. lic. Erik Jarvik det letterstedtska understödet, 400 kr., för bekostande av bildmaterial till en avhandling om krossopterygier och amfibier. För samma ändamål har ett anslag erhållits från Längmanska kulturfonden. Akademien har ur Hierta Retzius minnesfond tilldelat professor E. Stensiö 2 000 kr. till prepareringsarbete vid utarbetande av tredje och sista delen av monografien »The Placodermi of the Upper Devonian of East Greenland» och doc. Erik Nilsson 2 500 kr. för fortsatta undersökningar av issjöstrandlinjer och sediment på Sydsvenska höglandet beträffande frågor rörande landisens avsmältning och den olikformiga landhöjningen.

Ur Lars Hiertas minnesfond har vidare docent Rudolf Florin erhållit 1 000 kr. till illustrationsmaterial i sjätte delen av monografien Die Koniferen des Oberkarbons und die des unteren Perms, fil. kand. Olof Selling 800 kr. för bearbetning av material betr. Hawaiiöarnas postglaciala vegetationshistoria, samt docent Carl Caldenius 700 kr. för att börja en geokronologisk-morfologisk utredning över landisens avsmältning i vissa delar av västra Sverige.

K. Fysiografiska sällskapet i Lund har tilldelat fil. mag. Seth Nilsson 200 kr. för en undersökning av den mellan- och överkambriska lagerserien inom fågelsångsområdet, fil. lic. Karl Erik Bergsten 400 kr. för studier över de glacifluviala bildningarna kring norra Vättern och fil. mag. Sigvard Lillieroth 200 kr. för limnologiska undersökningar i 5 sjöar i NW Skåne.

Urbergsintresserade geologer i Fennoskandia och Danmark ha inbjudits till ett möte i Åbo och Pargas den 21—24 maj 1941 i och för diskussion av tektoniken och granitbildningen inom urberget, varvid även Pargasområdet kommer att demonstreras under exkursioner. Även några längre exkursioner inåt landet äro planerade. Inbjudningen, som åtföljes av ett detaljerat program, är utfärdat gemensamt av Geologiska sällskapet i Finland, Åbo Akademis Geolog. Miner. institut och Pargas Kalkbergs aktiebolags Geologiska avdelning.

Den 5 april försvarade fil. lic. O. Ödman å Stockholms högskola en akademisk avhandling med titeln Geology and ores of the Boliden deposit, Sweden. Opponenter voro prof. P. Geijer och fil. dr Sven Gavelin.

REDAKTIONELLT MEDDELANDE.

Till följd av de senare årens minskade anslag har styrelsen sett sig nödsakad att tillsvidare i regel ej antaga till införande i Förhandlingarna uppsatser av större omfång än två ark eller med dyrbarare illustrationer eller tabeller, såvida ej särskilda tryckningsbidrag ställas till förfogande.

Angående ändring av separatomslag hänvisas till meddelande å omslagets sista sida.

il. Dr NAIMA SAHLBOM

Speciallaboratorium
för
lineral-, Bergarts- och Vatten-
analyser.
adioaktivitetsmätningar m. m.

Telefon 10 33 72
riksbergsgatan 13 Stockholm

Sveriges Geologiska Undersökning
Serie C, N:r 1—367. Stockh. 1868—1931.
Av denna i komplett skick ytterst sällsynta svit finnes f. n. ett ex. att tillgå, till kronor 900: —.

Stort urval av geologiska böcker och avhandlingar.

Geologiska och ekonomiska kartor i rik sortering.

BJÖRCK & BÖRJESSON
ANTIKVARIAT-BOKHANDEL
62 Drottninggatan. Stockholm

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNINGS SENAST UTKOMNA PUBLIKATIONER ÄRO:

Ser. Aa. Geologiska kartblad i skalan 1 : 50 000 med beskrivningar.

N:o	178	Gävle av R. Sandegren, B. Asklund och A. H. Westergård 1939	4,00
»	179	Forshaga av R. Sandegren och N. H. Magnusson 1937	4,00
»	180	Fårö av H. Munthe, J. E. Hede och G. Lundqvist 1936	4,00
»	181	Smedjebacken av G. Lundqvist och S. Hjelmqvist 1937	4,00
»	183	Visby och Lummelunda av G. Lundqvist, J. E. Hede och N. Sundius 1940	4,00

Årsbok 33 (1939)

N:o	421	Westergård, A. H., On Swedish Cambrian Asaphidæ. With 3 Plates. 1939	1,00
»	422	Sandegren, R., Nedre Klarälvsdalens postglaciala utvecklingshistoria. Med 2 tavlor. Zusammenfassung: Die postglaciale Entwicklungsgeschichte des unteren Klarälvtales. 1939	1,00
»	423	Lundqvist, G., Sjösediment från området Abisko—Kebnekaise. Zusammenfassung: Binnenseesedimente aus dem Abisko—Kebnekaise-Gebiet in Schwedisch-Lappland. 1939	2,00
»	424	Gavelin, Sven, Geology and ores of the Malånäs district, Västerbotten, Sweden. With 38 plates. Resumé: Malånäsområdets geologi och malmförekomster. 1939	5,00
»	425	Collini, B., Hydrogeographische Beobachtungen an einigen Seen in Südwestschweden. 1939	1,00
»	426	Ödman, O. H., Urbergsgeologiska undersökningar inom Norrbottens län. Med en karta. Summary: On the pre-Cambrian geology of Swedish Lappland. 1939	3,00
»	427	Wickman, F. E., Some graphs on the calculation of geological age. With one plate. 1939	0,50
»	428	Looström, R., Lönnfallet. Southernmost part of the Export Field at Grängesberg. With 3 plates. 1939	2,00
»	429	Thorslund, Per, Kvartärgeologiska iakttagelser inom östra Storsjöområdet i Jämtland. 1939	0,50
»	430	Hjelmqvist, Sven, Some post-silurian dykes in Scania and problems suggested by them. 1939	1,00

Årsbok 34 (1940)

N:o	431	Magnusson, N. H., Herrängsfältet och dess järnmalmer. Med en tavla. Summary: The Herräng field and its iron ores. 1940	3,00
»	432	Arrhenius, O., Fosfathalten hos svenska torvslag. 1940	0,50
»	433	Lundqvist, G., Bergslagens minerogena jordarter. 1940	2,00
»	434	Lundqvist, G., Sjösediment från Gotland. Zusammenfassung: Binnenseesedimente aus Gotland. 1940	2,50
»	435	Brotzen, F., Flinträunans och Trindelrännans geologi (Öresund). Med en tavla. Zusammenfassung: Die Geologie der Flint- und Trindelrinne (Öresund) 1940	1,00
»	436	Thorslund, Per, On the Chasmops series of Jemtland and Södermanland (Tvären). With 15 Plates. 1940	5,00
»	437	Westergård, A. H., Nya djupborrningar genom äldsta ordovicium och kambrium i Östergötland och Närke. Med kemiska analyser av Gunnar Assarsson. Summary: New Deep Borings through the Lowest Ordovician and Cambrian of Östergötland and Närke (Sweden) 1940	2,00

Årsbok 35 (1941)

N:o	438	Ödman, Olof H., Geology and ores of the Boliden deposit, Sweden. With 48 plates. 1941	8,00

Ser. Ca.

N:o	29	Molin, K., A general earth magnetic investigation of Sweden carried out during the period 1928—1934 by the Geological survey of Sweden. Part 2. Inclination. With 4 plates. 1939	10,00
»	30	Magnusson, N. H., Ljusnarsbergs malmtrakt. Berggrund och malmfyndigheter. Med 2 tavlor. Summary: Geology and ore deposits of Ljusnarsberg. 1940	7,00

Distribueras genom Generalstabens Litografiska Anstalt. Stockholm 1.

Diamond Core Drilling
Cement Grouting

Contractors
and
Manufacturers of machinery

Svenska Diamantbergborrnings
Aktiebolaget
Kungsgatan 44
Stockholm C.

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS
and
GEOPHYSICAL PROSPECTING
FOR ORE AND OIL

by means of
Electrical, Magnetic, Gravimetric,
Seismic Methods

AKTIEBOLAGET ELEKTRISK MALMLETNING
(The Electrical Prospecting Company)
Kungsgatan 44, Stockholm, Sweden.

Write for Publications.

Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar utkomma med 4 häften årligen. Prenumeration mottages genom Nordiska bokhandeln, Stockholm.

	Generalregister till	Generalregister till
Bd 1—31 à 20 kr.	Bd 1—5 à 3 kr.	Bd 22—31 à 6 kr.
» 32 » 60 »	» 6—10 » 4 »	» 32—41 » 6 »
» 33—62 » 20 »	» 11—21 » 6 »	» 42—50 » 6 »
		» 51—60 » 6 »

Lösa häften av alla banden till pris beroende på häftenas omfång.

Medlemmar av Föreningen erhålla genom skattmästaren de äldre banden av Förhandlingarna och Generalregistret till hälften av det ovan upptagna bokhandelspriset. Å lösa häften lämnas ej prisnedsättning. (Styrelsens beslut d. 27/10 1922.)

Geologiska Föreningens sekreterare, Docenten G. Troedsson, träffas i Föreningens angelägenheter i bostaden Bragev. 29, Djursholm, kl. 17—18, Tel. 55 20 10. Efter överenskommelse per telefon kan sekreteraren även träffas å Sveriges geologiska undersökning eller å Stockholms högskolas Geologiska institut.

Föreningens **ordinarie möten** äga rum första helgfria torsdag i månaderna februari, mars, april, maj, oktober, november och december. Dagen för januarimötet bestämmes å decembersammankomsten. Anslag om föredragningslistan finnas minst 3 dagar före sammanträdet uppsatta på anslagstavlorna å följande offentliga institutioner: Stockholms Högskola, Tekniska Högskolan, Bergshögskolan, Jernkontoret, Sv. Geol. Undersökning, Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt, Statens Skogsförsöksanstalt, Statens Järnvägars Geotekniska avd., Upsala Univ:s Geolog., Geogr., Paleont. och Växtbiol. inst. samt Lunds Univ:s Geol. inst.

Personlig kallelse till sammanträdena utfärdas på därom gjord framställning till sekreteraren.

Häftena utdelas sammanträdesdagarna i januari, mars, maj och november.

Uppsatser, avsedda att införas i Förhandlingarna, insändas till Föreningens sekreterare, Bragevägen 29, Djursholm 2. Åtföljande tavlor och figurer böra vara fullt färdiga till reproduktion, då de jämte uppsatsen sändas.

I Förhandlingarna må uppsatser — förutom på skandinaviskt språk — införas på engelska, franska eller tyska; dock vare författare skyldig att i de fall då Styrelsen anser sådant önskvärt bifoga en resumé på skandinaviskt språk.

Manuskript, skrivet på främmande språk, skall vara granskat av sakkunnig språkman, varom meddelande göres till sekreteraren.

Därest korrektionskostnaderna för införd uppsats uppgå till mera än 16 kronor pr tryckark, vare författare skyldig att erlägga det överskjutande beloppet, såvida det uppgår till minst 10 kr. pr uppsats.

Författare erhåller gratis av införda uppsatser 75 separat i omslag utan titel; ytterligare ex. samt ev. omslagstitel betalas av förf. Av notiser, anmälanden och föredragsreferat lämnas separat endast efter särskild överenskommelse.

Referat honoreras sålunda (Fören. beslut 7/12 1911):

1:sta sidan eller del därav . . . . efter 20 öre pr tryckrad.
2:dra » » » » . . . . » 15 » » »
3:dje » » » » . . . . » 10 » » »
Följande sidor honoreras icke.

Anmälan om **föredrag** göres i god tid hos sekreteraren.

Ledamöternas årsavgifter, vilka enligt § 7 av Föreningens stadgar skola vara inbetalda senast den 1 mars, insändas till Föreningens skattmästare, Dr K. E. Sahlström, Sveriges Geologiska Undersökning, Stockholm 50, till vilken Föreningens ledamöter även torde insända uppgifter om ändringar av adresser och titlar.

Årsavgiften utgör kr. 15: —, avgift såsom ständig ledamot kr. 200: —. Ledamot, som under en följd av minst 20 år erlagt årlig ledamotsavgift, kan bliva ständig ledamot mot en avgift av kr. 100: —.